DIE NATURWISSENSCHAFTEN

23. Jahrgang | 1. November 1935 | Heft 44

Zur hundertsten Wiederkehr von Adolf von Baeyers Geburtstag.

(31. Oktober 1935.)

ADOLF VON BAEYER ist während des Weltkrieges, am 20. August 1917, in München gestorben. Um achtzehn Jahre nur war sein Leben kürzer als der große Bogen, der sich von seinem Geburtsjahr zu uns herüberspannt und unter dem sich unser naturwissenschaftliches Weltbild in unerhörtem Ausmaß geformt hat. Im Jahre 1856, als BAEYER bei BUNSEN in Heidelberg chemisch zu arbeiten begann, dämmerte der Begriff der chemischen Molekel erst langsam herauf, und alles, was man über das Wesen des Stoffes zu denken und zu sagen versuchte, war auf dem Boden der Philosophie gewachsen. Wie wunderbar hat sich seitdem der ganze Mikrokosmus unter dem Licht der experimentellen Forschung für uns erhellt, für uns, die wir den willkürlichen Aufbau von Atomen erleben, die dem uralten Weltall fremd und neu sind!

Für die organische Chemie bedeutet jener inhaltsreiche Zeitraum den vollen Ausbau zu einem Teilstück der exakten Naturwissenschaften, nachdem sie vorher im wesentlichen noch zu den beschreibenden gehört hatte. Erst die Strukturlehre, von BAEYERS eigentlichem Lehrer KÉKULÉ begründet, hat das Riesenwerk der organisch-chemischen Systematik möglich gemacht, das in fünf Jahrzehnten fast vollständig bewältigt wurde. Damit sind wir in den genauer umschriebenen Bezirk von BAEYERS Schaffen getreten.

Man kann den Stand der Erkenntnis zu jener Zeit nicht einfacher charakterisieren als durch den Hinweis darauf, daß die Identität von Dimethyl und Äthan erst im Jahre 1864 sichergestellt wurde. Vorher hatte man den Kohlenwasserstoff, der aus Methyljodid nach der WURTZschen Synthese entsteht, für etwas anderes angesehen als denjenigen, den H. KOLBE bei der Elektrolyse essigsaurer Salze erhielt. BAEYERS Arbeiten standen, fast von Anfang an, auf dem Boden der Konstitutionslehre, während die nur formalen und engen Vorstellungen der Radikal- und Typentheorie mehr und mehr an Bedeutung verloren. Wir sehen in BAEYER einen der ersten und bedeutendsten Bahnbrecher der neuen Lehre, dem schon vor mehr als sechzig Jahren die ganze vielgestaltige Welt der Kohlenstoffverbindungen klar vor dem Blick lag. Wie hat er, fern von jeder Pedanterie, um die Mühsale der topographischen Aufklärungsarbeit den Reiz der Synthese gewoben! Die Treffsicherheit, mit der der große Meister schon ganz früh die Struktur von damals überaus komplizierten Verbindungen, wie Pyrrol, Indol, Traubenzucker u. a., vorwegnahm, wie er über die Assimilation der Kohlensäure, über die synthetisierende Kraft der Pflanzenzelle, über die chemischen Beweggründe der alkoholischen Gärung, über diese wichtigen biochemischen Probleme die richtige Erklärung gab, muß uns heute mit allerhöchster Bewunderung erfüllen.

Das experimentelle Werk BAEYERS ist durch den Stil seiner Forschung ausgezeichnet, der, großzügig bis ins Innerste, dem Kern des Arbeitsgebietes bis ins Mark drang, niemals aber das Betreten von Nebenwegen sich erlaubte. Deshalb ist keine von BAEYERS zahlreichen Arbeiten uninteressant, und keine seiner Abhandlungen liest sich langweilig.

Es soll auf diesem Gedenkblatt kein Überblick über das wissenschaftliche Werk BAEYERS gegeben werden. Dazu haben die Geburtstagsfeiern des noch Lebenden mehrfach den Anlaß geboten. Das Schiff der Forschung steuert heute auch in der organischen Chemie nach neuen Küsten, und man kann fragen, ob die Fahrt in dem Kurse liegt, den die großen Fährmänner der klassischen Periode, unter ihnen vor allem ADOLF VON BAEYER, vorgezeichnet und durch ihr eigenes Schaffen gesichert haben. Gewiß haben sich die Probleme erweitert und die experimentellen Methoden sind erheblich bereichert und verfeinert worden. Aber alles Neue erhebt sich aus den festen Grundmauern, die ADOLF BAEYER und seine Zeit gefügt haben. Deshalb ist auch nichts von dem, was BAEYER geschaffen, veraltet oder hinfällig geworden. Seine Abhandlungen lesen sich heute noch in derselben Frische wie vor Jahrzehnten, keine der zahlreichen Perlen, die auf den schönsten Gebieten der organischen Chemie schimmern, hat ihren Glanz verloren.

Wenn wir die historische Formel für die Stellung ADOLF VON BAEYERS in der Wissenschaft zu zeichnen versuchen, so war er der Forscher, der die Konstitutionslehre auf den meisten Gebieten der organischen Chemie zum Siege führte, einer der erfolgreichsten Baumeister am System dieser Wissenschaft, ein begnadeter Seher und Wegweiser für große, ferne Ziele. Neben der historischen Bedeutung BAEYERS als Forscher steht die als Lehrer. Vergessen wir nicht, daß im Bannkreis seiner ungemein eindringlichen Persönlichkeit, die mit allen Attributen eines Führers ausgestattet war, eine in der ganzen Welt berühmte Chemieschule herangewachsen ist, die der von seinem Vorgänger LIEBIG begründeten in nichts nachstand. Dafür wollen wir heute des großen deutschen Chemikers in besonderer Verehrung und Dankbarkeit gedenken. Denn nicht nur unserer Wissenschaft, sondern auch unserer ganzen chemischen Industrie hat das Wirken ADOLF VON BAEYERS zu unermeßlichem Segen gereicht. H. WIELAND.

Über den Sinn der erblichen Insektensymbiose.

Von ERICH RIES, Leipzig.

Eine ganze Reihe von Insekten, zahlreiche Käfergruppen, Schaben, Hemipteren, Läuse, Federlinge, einige Dipteren, Hymenopteren und Termiten, lebt regelmäßig vergesellschaftet mit Mikroorganismen, die zum Teil als typische Hefen, als andere Ascomyceten, Basidiomyceten oder vor allem als Bakterien identifiziert werden konnten. In anderen Fällen finden sich eigenartige Schollen, Kugeln oder unregelmäßige lappige Gebilde (Fig. 2b), die als besondere Wuchs- und Entartungsformen von Bakterien infolge Beeinflussung durch den Wirt gedeutet werden, da man verschiedentlich „Übergangsformen" aufgefunden hat.

Das Insekt bildet dabei in den meisten Fällen besondere Organe, *Mycetome*, zur Besiedlung für die Mikroorganismen; es finden sich infizierte Darmabschnitte und Darmanhänge, aber auch vom Darm unabhängige geschlossene Bakterien- und Pilzbehausungen, ferner einzelne symbiontenbeherbergende Zellen, *Mycetocyten*, die frei in der Lymphe, im Darmepithel, zwischen Darmepithel und Muscularis oder im Fettgewebe vorkommen (Fig. 1 und 2). Weiterhin entwickeln sich besondere Infektionsorgane in Form von „Bakterienspritzen" oder „Beschmiereinrichtungen", bakterienbeherbergende Ovarabschnitte, Ovidukt- und Vaginalanhänge (Fig. 1a), die alle dem Zweck dienen, die Symbionten unmittelbar auf die Eier oder die im Mutterleib heranwachsenden Embryonen zu übertragen und so eine regelmäßige Infektion der betreffenden Insekten zu gewährleisten. Dabei läßt sich feststellen, daß die Zahl und die Form der Mikroorganismen im typischen Falle jeweils ganz bestimmten Wirtsstadien entsprechen: Vermehrungsrate und Formzyklus der Mikroorganismen sind dem Entwicklungszyklus des Wirtes eingeordnet.

Infektionen durch Parasiten hingegen lösen beim Wirt eine Abwehr aus, gegen die der Parasit seinerseits Gegenmaßnahmen trifft. Dieser bei Parasitenbefall einsetzende Kampf äußert sich gewöhnlich in Erkrankung des Wirtes, und nur im Fall gegenseitiger Anpassung kann es zu einem mehr oder weniger labilen Gleichgewicht kommen, zu einer „immunitas non sterilisans", wobei der für den Wirt ungiftig gewordene Parasit zwar nicht abgetötet, wohl aber in seiner Vermehrung und Entwicklung so weit gehemmt wird, daß er keinen Schaden anrichtet. Im Gegensatz zu solchen apathogenen Infektionen entsteht durch die geregelte Vergesellschaftung der Insekten mit Mikroorganismen ein geschlossenes und gesundes System, eine neue Ganzheit. BUCHNER nannte diese Form der Vergesellschaftung *erbliche Endosymbiose* und kennzeichnete sie vor allem durch die Regelmäßigkeit des Befalls, durch besondere Organdifferenzierungen und durch die geregelte Übertragung der Symbionten auf die Nachkommen.

Der Begriff *Symbiose* schließt aber definitionsgemäß einen *gegenseitigen Nutzeffekt* der an ihr beteiligten Partner ein. Damit erhebt sich also die Frage nach dem Sinn und der Bedeutung der Vergesellschaftung. Denn es wäre auch vorstellbar, daß das Prinzip der parasitären Anpassung mit seinen fein differenzierten Immunitätserschei-

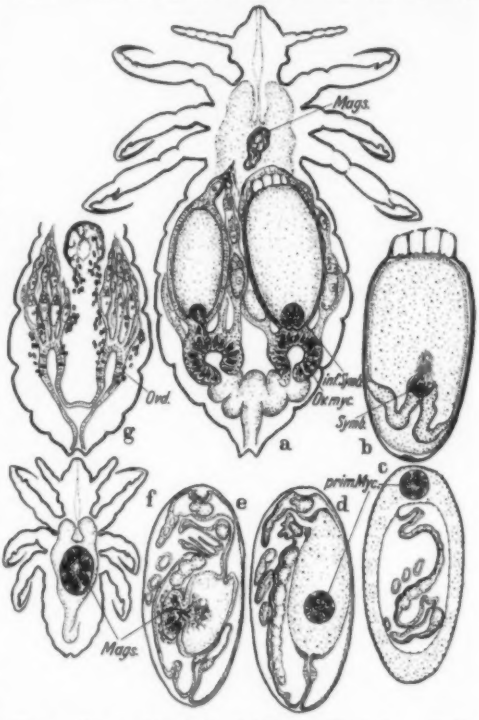

Fig. 1. *Der symbiontische Zyklus der Kleiderlaus, Pediculus vestimenti.*

a. Reifes Weibchen mit verödeter Magenscheibe (*Mags.*) und den beiden Ovarialmycetomen (*Ov. myc.*). Ein legereifes Ei mit Infektionsmasse (*inf. Symb.*) am hinteren Eipol; ein jüngeres Ei wird durch den Eistiel hindurch infiziert. — b. Ei mit Keimstreifanlage, die unter einer Plasmastrahlung die Infektionsmasse (*Symb.*) vom hinteren Pol nach oben in den Dotter hineinschiebt. — c. Keimstreif mit abgegliedertem, erstem embryonalen Mycetom (*prim. Myc.*) frei im Dotter am oberen Eipol. — d. Embryo nach der Umrollung. Primärmycetom im Dotter. — e. Der Embryo legt durch Abfaltung vom Mitteldarmepithel das sekundäre Mycetom, die Magenscheibe (*Mags.*), an, während das primäre Mycetom im Dotter degeneriert. — f. Erstes Larvenstadium mit der gekammerten Magenscheibe. — g. Drittes Larvenstadium, etwa 2—3 Tage vor der Häutung zum reifen Weibchen. Die Symbionten verlassen die Magenscheibe und wandern in die verdickten Oviduktabschnitte (*Ovd.*) unter den Eiröhren, um die Filialmycetome oder Ovarialampullen zur Einfektion zu bilden.

nungen sozusagen in letzter Übersteigerung zu einer Art „pseudosymbiontischem Gleichgewicht" führte, bzw. daß die Endosymbiose nur ein verkappter „Gallparasitismus" bei Insekten wäre

(s. S. 748). Gallen und Mycetome haben ja das gemeinsam, daß sie ganz neuartige, weitgehend autonome Differenzierungen in einem alten Bauplan darstellen und im Dienste ursprünglich fremder Einmieter gebildet werden und damit über das ursprüngliche artliche und individuelle Maß ihrer Träger hinausgehen. Die Vielgestaltigkeit der symbiontischen Organe und ihrer Bildungsweisen im symbiontischen Zyklus ist uns damit — wie bei den Gallen — Ausdruck der Lösungsversuche später an einen weitgehend spezialisierten Organismus gestellter Aufgaben, für die in der Organisation und im Entwicklungsgang der betreffenden Tiergruppe kein Reaktionsschema präformiert war. Mycetome geben jedoch — im Gegensatz zu den gelegentlich auftretenden Gallenbildungen — regelmäßig bestimmten Insektengruppen ihr eigenartiges Gepräge. Überdies ist ihre Eingliederung in den Wirt durchweg viel komplizierter, die Vorsorge des Wirtes für den Symbionten viel größer und vor allem die Übertragung auf die Nachkommen durch besondere Differenzierungen gesichert, so daß es schwer fällt, nicht nach einer besonderen Bedeutung der Symbionten im Wirtshaushalt zu suchen (vgl. Fig. 1 als Beispiel für einen symbiontischen Zyklus und Fig. 2 als Beispiel für symbiontische Vielgestaltigkeit).

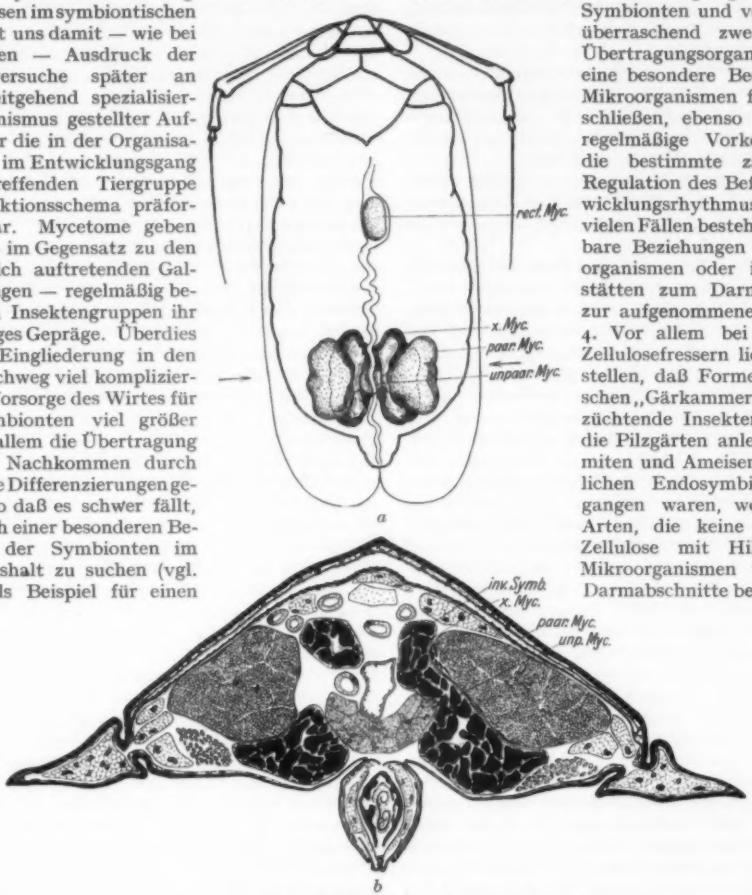

Fig. 2. *Die Zikade* Asiraca clavicornis L. ♀.

a) Mit 4 verschiedenen, nach Schnittbildern rekonstruierten Mycetomen. Oben, am Enddarm, das sog. unpaare Rectalorgan (*rect. Myc.*). Weiter hinten ein unpaares Mycetom (unpaar. Myc.) und 2 verschiedene Mycetompaare (paar. Myc.; x-Myc.). — *b*) Ein etwas schematisierter Schnitt durch die Region der Mycetome (vgl. Pfeil bei *a*). Unpaares Mycetom mit sehr feinen Symbionten in zweikernigen Zellen. Daneben die paarigen x-Organe (*x-Myc.*) mit den riesigen, gelappten Symbionten (*inv. Symb.*), die als Involutions- oder Wuchsformen von Bakterien gedeutet werden, in einem faserigen Syncytium. Lateral die paarigen Mycetome mit schlauchförmigen Symbionten in unregelmäßigen, großen, mehrkernigen Zellen. (Original von H. J. MÜLLER.)

BUCHNER ging zu Beginn seiner Symbioseforschungen von der Arbeitshypothese aus, *daß die Symbionten dem Wirt fehlende Fermente zum Aufschluß seiner Nahrung liefern*, mit Ausnahme ganz besonders gearteter Vergesellschaftungen, wie z. B. der Leuchtsymbiosen. Folgende Gründe sprachen für jene Annahme: 1. Es gibt bestimmte Gruppen von Nahrungsspezialisten (vor allem Wirbeltierblutsauger, Pflanzensaftsauger sowie Holz- und Zellulosefresser), die ausnahmslos oder ganz vorwiegend in Symbiose leben; 2. die vom Insekt entwickelten Züchtungsorgane für den Symbionten und vor allem die überraschend zweckdienlichen Übertragungsorgane lassen auf eine besondere Bedeutung der Mikroorganismen für den Wirt schließen, ebenso das absolut regelmäßige Vorkommen und die bestimmte zahlenmäßige Regulation des Befalls im Entwicklungsrhythmus. 3. In sehr vielen Fällen bestehen unmittelbare Beziehungen der Mikroorganismen oder ihrer Wohnstätten zum Darmkanal oder zur aufgenommenen Nahrung. 4. Vor allem bei Holz- und Zellulosefressern ließ sich feststellen, daß Formen mit typischen „Gärkammern" oder Pilze züchtende Insekten (wie z. B. die Pilzgärten anlegenden Termiten und Ameisen) keine erblichen Endosymbiosen eingegangen waren, wohl aber die Arten, die keine besonderen, Zellulose mit Hilfe fremder Mikroorganismen vergärenden Darmabschnitte besitzen. 5. Es ist bekannt, daß viele Mikroorganismen im Gegensatz zu den höheren Tieren zu ganz besonderen stoffwechselphysiologischen Leistungen befähigt sind.

Der Anwendungsbereich dieser Arbeitshypothese wurde in der Folge jedoch immer mehr ein-

geengt: 1. Eine Reihe von zweifellos symbiontenfreien Holz- und Zellulosefressern vermag eigene Zellulasen zu bilden (so z. B. unter den Cerambyciden Cerambyx [RIPPER 1930], Hylotrupes [FALCK 1930] und Macrotoma, während Xystrocera aus einer an Zucker und Stärke reicheren Holzart keine Zellulasen produziert [MANSOUR und MANSOUR-BEK 1934], vgl. die Zusammenstellung bei MANSOUR). In der Kultur in vitro spalten symbiontische Hefen von holzfressenden Käfern keine Zellulose (HEITZ 1927).

2. Bei vielen Symbiontenträgern fehlen dauernd oder vorübergehend alle Beziehungen der Mikroorganismen zum Darmkanal oder zur aufgenommenen Nahrung, so daß hier also nur eine endokrine Abgabe der Fermente möglich wäre.

3. Eine ganze Reihe von Nahrungsspezialisten vermag die Nahrung ohne Hilfe von Symbionten genau so auszunutzen wie die Symbiontenträger mit ähnlicher Lebensweise.

4. In einigen Fällen wurden Symbiontenträger symbiontenfrei gefunden bzw. konnten symbiontenfrei gemacht werden, ohne daß nachteilige Folgen auftraten. Nach KOCH (1931) wird der Reiskäfer Oryzaephilus unter besonderen Kulturbedingungen symbiontenfrei. LILIENSTERN (1933) fand eine bestimmte Formica fusca-Rasse mit typischen, aber symbiontenfreien Mycetomen und stellte bei Eier legenden Arbeiterinnen Unregelmäßigkeiten des Ei-Infektionsmechanismus fest, wodurch aus königinlosen Nestern symbiontenfreie Männchen hervorgingen. Nach MANSOUR ist der Kornkäfer Calandra granaria mit typischen Mycetomen symbiontenfrei, während die bei uns vorkommenden Rassen zufolge neuerer Nachuntersuchungen im Leipziger Institut fädige Bakterien besitzen.

Aus einer vergleichend-morphologischen Übersicht der verschiedenen Fälle erblicher Endosymbiose läßt sich mithin keine einwandfreie und allgemeingültige Deutung ihres Nutzeffektes erschließen. Mehrere Untersucher sprechen sich daher *gegen jede ernährungsphysiologische Bedeutung der Endosymbiose* aus, so z. B. gerade in neuester Zeit PAILLOT (1933) in seinem umfangreichen Buch „L'infection chez les Insectes" und MANSOUR vor allem in seiner Abhandlung: „On the so-called Symbiotic Relationship between Coleopterous Insects and Intracellular Micro-organisms" [Quart. Journ. micr. Sc. **77** (1934)] und W. MÜLLER [Arch. Mikrobiol. **5** (1934)]. MANSOUR führt im wesentlichen die auch hier behandelten Einwände gegen die ernährungsphysiologische Bedeutung der Symbiose an und zieht daraus ohne weiteres den Schluß, daß die Symbionten harmlose Gallparasiten der Insekten seien. PAILLOT kommt aus ganz anderen Erwägungen zu derselben Ansicht. Er findet auf Ausstrichen von Blattläusen Übergänge zwischen den verschiedenen Symbiontenformen, meistens typischen Stäbchen und kugeligen Mikroorganismen, die BUCHNER und seine Schule verschiedenen Symbiontentypen zurechnen und meint, daß alle hier auftretenden Formen einem sehr pleomorphen Bakterium zugehörten und dessen verschiedenen Wuchs bzw. Involutionszuständen entsprächen. Bei seinen Untersuchungen über die Reaktionen pathogener Mikroorganismen in verschiedenen Insektenarten hatte PAILLOT ganz ähnliche Formwandlungen beobachtet, daher schließt er nun aus dem Pleomorphismus der Symbionten, daß es sich bei ihnen um einen ständig vorkommenden Parasiten handele, der auf die Abwehrkräfte der Wirte, ähnlich wie die pathogenen Mikroorganismen, mit besonderen Formveränderungen reagiere. PAILLOT folgert daraus, daß die vermeintliche Symbiose nur ein besonderer Fall einer natürlich erworbenen Immunität bei Insekten darstellt. Auf die Frage, warum denn dem Parasiten vom Wirt besondere Organe aufgebaut werden und warum bei verschiedenen Gruppen solche Parasiten regelmäßig auftreten, geht PAILLOT ebensowenig ein wie auf die Ergebnisse der experimentellen Symbioseforschung (s. S. 748). W. MÜLLER genügt im wesentlichen der Nachweis, daß die Symbionten in der Kultur keinen Stickstoff binden und keine Zellulose abbauen, um „die Symbiose der holzbewohnenden Anobiiden und Cerambyciden als sehr gemäßigten, regelmäßig vorhandenen, erblichen Parasitismus zu betrachten".

Außer diesen beiden sich diametral gegenüberstehenden Deutungen der Symbiose — als verkappten Gallparasitismus bzw. als eigentümliche Immunitätserscheinung einerseits, als ernährungsphysiologisch bedingte Erscheinung andererseits — wurden auch noch andere Thesen aufgestellt. So sollen die Symbionten ihre Wirte gegen pathogene Keime oder Neuinfektionen immunisieren (s. u. a. MARTINI, Atti 11. Congr. intern. Zoologia Padova **1932**, 1299—1334). Von anderen Untersuchern wurde behauptet, daß die Symbionten Exkretstoffe binden oder unschädlich machen könnten. Bei den auf eiweißarme Nahrung angewiesenen Pflanzensaftsaugern sollen sie wie die Knöllchenbakterien der Leguminosen Stickstoff binden bzw. eine besondere Beziehung zum Stickstoffhaushalt der Wirte besitzen. PEKLO glaubte seinerzeit, sogar aus Pflanzenläusen den stickstoffbindenden Azotobacter züchten zu können. ZIEGENSPECK [Biologe **4**, 98 (1931/32)] vertrat vor allem auf Grund der Untersuchung von SCHOEL [Bot. Archiv **36** (1934)] die Anschauung, daß der Sinn der Bakteriensymbiose in einer Verarbeitung der Exkretamide, besonders der Harnsäure, durch die Bakterien liegt.

Gegen diese Deutungsversuche lassen sich zahlreiche Einwände anführen, während sie — mit Ausnahme der Versuche von SCHOEL und ZIEGENSPECK — kaum durch einen ernst zu nehmenden Hinweis gestützt oder begründet werden.

Gegen die Immunitätstheorie spricht die Tatsache, daß gerade bei vielen Symbiontenträgern eine auffällige Neigung zur Aufnahme weiterer Mikroorganismen vorliegt, die teils ganz unregel-

mäßig als „Begleitbakterien" verschiedene Gewebe befallen oder sich auf bestimmte Organe oder gar Organbezirke beschränken, um schließlich als neue Symbionten ganz in den Haushalt des Wirtes eingeordnet zu werden. Überdies nehmen viele in Symbiose lebende Insekten überwiegend sterile Nahrung auf, so daß die Infektionsmöglichkeiten relativ gering sind.

Die Stickstoffbindung konnte bisher auch durch Kulturversuche nicht nachgewiesen werden. Diese Anschauung setzt eine Abgabe von Stoffen seitens der Bakterien oder eine häufige Phagocytose derselben durch den Wirt voraus. Eine Stoffabgabe wurde jedoch bisher noch nie nachgewiesen, und Phagocytose fehlt in den meisten Fällen. BUCHNER stellte eine Phagocytose der Symbionten auf bestimmten Stadien im symbiontischen Zyklus einiger Rüsselkäfer fest, und SCHWARTZ [Arch. Mikrobiol **3** (1932)] beschreibt bei der Schildlaus Lecanium Symbiontenphagocytose als regulierenden Faktor des symbiontischen Gleichgewichts. Aufnahme von Symbionten durch Lymphocyten wurde weiterhin bei Aphiden festgestellt (PAILLOT, KLEVENHUSEN, SCHOEL und TOTH).

Ebensowenig ließ sich jemals im Wirt eine Anreicherung von Exkretstoffen und ihre Beseitigung durch die Symbionten beobachten. Weder die Pigmente in den Mycetomhüllen vieler Pflanzensaftsauger noch die Calciumoxalateinschlüsse in der Magenscheibenwandung der Menschenläuse zeigen irgendwelche Beziehungen zu den Mikroorganismen.

Alle diese Deutungsversuche lassen sich meines Erachtens schon durch die morphologischen Befunde ausschließen oder zumindest unwahrscheinlich machen.

Nun wies aber BUCHNER nach, daß Symbiosen fast ausschließlich von Tiergruppen mit ganz bestimmten ökologischen, insbesondere ernährungsbiologischen Eigenschaften eingegangen werden. Vor allem handelt es sich bei den Symbiontenträgern um *Nahrungsspezialisten*, und unter diesen wieder um die Gruppen, die eine überwiegend sterile oder zumindest an Mikroorganismen arme Nahrung aufnehmen. Für die Blutsauger wies ASCHNER [Z. Morph. u. Ökol. Tiere **20** (1931)] erstmalig nachdrücklich darauf hin, daß nur die Formen, die auch während des Larvenlebens sich ausschließlich von Blut nähren (Läuse, Bettwanzen, Lausfliegen, Glossinen), Symbionten besitzen, nicht aber diejenigen, die als Larven unsterile Nahrung zu sich nehmen (Flöhe, Mücken, Bremsen und Stomoxiden), obgleich gerade bei ihnen die Möglichkeit zur Einverleibung der verschiedensten Mikroorganismen durch den häufigen Wirtswechsel und durch die Ernährung der Larve viel größer ist. (Wir wissen durch die Untersuchungen von METALNIKOV und PAILLOT, daß sich insektenpathogene Mikroorganismen vor allem unter den Fäulniserregern und Saprophyten finden, während die Insekten gegen die typischen Wirbeltierparasiten unter den Bakterien auffallend immun sind.) Aus der Erscheinung, daß Symbionten immer bei den Gruppen auftreten, die auch auf jugendlichen Entwicklungsstadien schon Blut saugen, schloß ASCHNER, daß dem Blut bestimmte, das Wachstum fördernde und damit für die Larvalentwicklung nötige Ergänzungsstoffe fehlen, die in der unsterilen Nahrung der Floh-, Mücken- und Fliegenlarven enthalten sind. Auf Grund seiner vergleichenden Untersuchungen an Läusen und Federlingen kam RIES [Z. Morph. u. Ökol. Tiere **20** (1931)] ebenfalls zu der Ansicht, daß die Symbionten den Wirten besondere vitaminähnliche Ergänzungsstoffe liefern und dadurch erst die extreme Spezialisierung in der Ernährung ermöglichen.

Damit ergab sich die Notwendigkeit, auf *experimentellem Wege* das Wechselverhältnis zu analysieren, da die vergleichenden Symbiosestudien keinen Aufschluß über den Nutzeffekt gaben. Drei Methoden können dabei angewandt werden:

1. Es ist zu versuchen, Symbionten in andere Insekten zu verpflanzen, um so gegebenenfalls eine neue Symbiose zu erzeugen bzw. festzustellen, wie ein Insekt auf fremde Symbionten zu reagieren vermag. Denn das eigentlich zentrale Problem der Symbioselehre ist ja nicht der Nutzeffekt, sondern die Tatsache, daß sich zwei fremde Organismen so vollkommen vergesellschaften können, daß ein neues, geschlossenes und gesundes System entsteht.

2. Symbiontenträger sind von ihren Mikroorganismen zu befreien, um dann die Ausfallserscheinungen zu beobachten und daraus die besondere physiologische Bedeutung der Symbionten zu erschließen.

3. Symbionten sind in vitro zu züchten und auf ihre physiologischen Leistungen zu untersuchen.

In vielen Fällen war eine *Kultur der Symbionten* auf künstlichen Nährböden unmöglich, oder es konnten die aus den symbiontenhaltigen Geweben gezüchteten Mikroorganismen nicht sicher mit den Symbionten identifiziert werden, bzw. es kommen neben den Symbionten noch andere Mikroorganismen vor, die in der Kultur überwuchern, während sie im Wirt infolge ihrer geringen Zahl morphologisch nicht nachweisbar sind [vgl. u. a. RIES, Z. Morph. u. Ökol. Tiere **25** (1932)]. Jedenfalls ergaben die gelungenen Kulturen bisher keine eindeutigen Hinweise auf die besondere physiologische Bedeutung der Mikroorganismen im Wirt.

Den ersten Weg, die erbliche Endosymbiose durch *Mycetomtransplantationen* experimentell zu analysieren, beschritt RIES (1932). Dabei ergab sich die Unmöglichkeit, Symbionten in fremden Wirten zum Auswachsen zu bringen. Das implantierte Material stirbt ab, wird durch ein von Lymphocyten gebildetes Pseudoepithel eingekapselt und melanisiert; autolytische Veränderungen treten dabei nicht ein. Eine Auflösung des Transplantats durch in der Hämolymphe vorhandene Fermente erfolgte nur bei der Mehlmottenraupe.

Phagocytiert wurden bloß kleine Partikeln, z. B. isolierte Pigmentgranula, Gewebetrümmer und einzelne Symbionten oder andere Mikroorganismen, soweit sie schon vorher abgestorben waren; in keinem Falle wurden lebende Mikroorganismen phagocytiert, was zusammen mit anderen Beobachtungen und Angaben dafür spricht, daß die Immunität bei den Insekten weniger auf die Phagocytose durch Lymphocyten als auf humorale Abwehrkräfte zurückzuführen ist.

In welcher Richtung aber nach der besonderen physiologischen Bedeutung der Symbionten zu fahnden ist, darüber haben wir in letzter Zeit durch die *Sterilisierung von Symbiontenträgern* mancherlei Hinweise erhalten. ASCHNER [Naturwiss. **20**, 501—505 (1932)] und ASCHNER und RIES [Z. Morph. u. Ökol. Tiere **26** (1933)] konnten Kleiderläuse durch Exstirpation des symbiontischen Organs, der sog. Magenscheibe, auf verschiedenen Entwicklungsstadien symbiontenfrei machen bzw. die Symbiontenzahl beliebig verringern (vgl. Fig. 1). Darauf zeigten sich bestimmte charakteristische Ausfallserscheinungen, die ausblieben, wenn nur die Magenscheibe entfernt wurde, unmittelbar nachdem die Symbionten in die Geschlechtsanlage übersiedelt waren (Fig. 1g). Das Fehlen des symbiontischen Organs bzw. die Operation an sich kann also nicht für die aufgetretenen Schäden verantwortlich gemacht werden. Es zeigt sich eine unmittelbare Abhängigkeit der Eiproduktion, der Degenerationsanzeichen an den Eiern, der Entwicklungsfähigkeit der Eier, der Bewegungsfähigkeit und der Lebensdauer der operierten Tiere vom Zeitpunkt der Operation und von der Zahl der belassenen Symbionten, die später genau ausgezählt werden konnte. Hefeextrakte oder Bakterienfiltrate vermochten bei künstlicher Ernährung der Tiere durch Blutklistiere bis zu einem gewissen Grade die Ausfallserscheinungen aufzuheben oder wenigstens hinauszuschieben.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, daß die Symbionten bestimmte, der Blutnahrung fehlende Stoffe liefern, die 1. schon in äußerst kleinen Mengen wirksam sind, die 2. bis zu einem gewissen Grade durch unspezifische Bakterien- und Hefefiltrate ersetzt werden können, die 3. eine bestimmte Nachwirkung zeigen, deren Fehlen 4. ganz charakteristische Lähmungs- und Degenerationsanzeichen bestimmter Organsysteme zur Folge hat und die 5. vor allem für die wachsenden Larven und für die Produktion entwicklungsfähiger Eier notwendig sind. Dagegen ist das erwachsene Männchen unempfindlich gegen das Fehlen der Symbionten. Damit steht in Übereinstimmung, daß die Symbionten bei den Männchen normalerweise innerhalb des Mycetoms degenerieren und zerfallen. Nach dem Ausfall dieser Experimente erscheint der Schluß nicht voreilig, *daß die Symbionten die Blutnahrung durch besondere, wahrscheinlich vitaminähnliche Stoffe ergänzen.*

Außerdem konnte nachgewiesen werden, daß die symbiontischen Organe auch bei Fehlen der Symbionten angelegt werden und nicht etwa wie die Gallen bei Pflanzen immer erst auf den auslösenden Reiz der Gallerzeuger hin entstehen. Die *symbiontischen Organe sind demnach nicht „pseudohereditär" wie die Gallbildungen*, sondern besitzen „Selbstdifferenzierung" (MARTINI) und sind damit den echten Organen vergleichbar, wenngleich auch aus ihrer teilweise außerordentlichen Verschiedenartigkeit bei nahestehenden Gruppen und aus vielen Neudifferenzierungen von noch „unfertigen Symbiosen" zu schließen ist, daß sie erst sekundär als akzessorische Organe in den alten Bauplan aufgenommen wurden, und zwar vielfach unabhängig voneinander bei verwandten Formen.

Nach einer stufenweisen Verringerung des Symbiontenbestandes tritt zunächst keine Regulation ein. Die Symbionten vermehren sich nur nach der normalen Vermehrungsrate und nicht entsprechend dem ihnen zur Verfügung stehenden Raum (die Mycetome werden in unverminderter Stärke angelegt) bzw. der für sie vorhandenen Nahrung, was auf eine äußerst feine, wenngleich starre Ausbalancierung des symbiontischen Gleichgewichts schließen läßt. Diese Erscheinung spricht ebenso wie das unabhängige Differenzierungsvermögen gegen einen zu weit getriebenen Vergleich der symbiontischen Organe mit Gallbildungen.

Ganz neuerdings konnte ASCHNER Kleiderläuse auch symbiontenfrei machen, indem er bestimmte Embryonalstadien längere Zeit zentrifugierte. Dadurch wurde das sekundäre Mycetom mit seinen spezifisch schwereren Einschlüssen (wahrscheinlich Calciumoxalat) verlagert; die Symbionten fanden am neuen Ort keine zusagenden Bedingungen und gingen zugrunde. Das Resultat der Aufzucht dieser Tiere mit verlagerten Magenscheiben entsprach in allem den Ergebnissen der Exstirpationsexperimente.

KOCH [Naturwiss. **21**, 543 (1933)] befreite den Brotkäfer Sitodrepa panicea dadurch von seinen Symbionten, daß er die außen mit symbiontischen Hefen beschmierten Eier äußerlich sterilisierte bzw. die Larven kurz vor dem Schlüpfen der Eischale entnahm und das Fressen derselben durch die eben geschlüpfte Larve — wodurch normalerweise die Infektion erfolgt — verhinderte. Die derart von ihren Hefen befreiten Tiere gingen bei der üblichen Ernährungsweise zugrunde, ohne auch nur eine einzige Häutung zu erreichen. Dagegen war es möglich, die symbiontenfreien Larven bis zu völlig normalen, „sterilen" Imagines aufzuziehen, wenn man dem Futter abgetötete Hefen oder Hefenauszüge zugab.

Durch systematische Extraktions- und Fütterungsversuche gelang KOCH dann der Nachweis, *daß die „Symbiontenstoffe" vollwertig zu ersetzen sind durch bestimmte Vitamine der B-Gruppe.* Es ist zu hoffen, daß die zielstrebige Weiterführung dieser aufschlußreichen Versuche wenigstens bei diesem einen Objekt zu einer restlosen Klärung

des Nutzproblems der erblichen Endosymbiose bei Insekten führt.

In zwei Fällen, bei einem ausschließlichen Blutsauger und bei einem Cerealienfresser, liefern die Symbionten also Ergänzungsstoffe zur Nahrung, die vor allem für das Wachstum und die Larvalentwicklung wesentlich sind. Ob sich damit die ernährungsphysiologische Bedeutung der Symbionten erschöpft, ist noch fraglich; ebenso erscheint es verfrüht, auf Grund dieser Erfahrungen eine Deutung aller erblichen Endosymbiosen bei Insekten versuchen zu wollen.

Heute schon läßt sich behaupten, daß die experimentellen Symbioseuntersuchungen im wesentlichen die prinzipielle Einstellung BUCHNERS, zu der er auf Grund seiner vergleichend-morphologischen Symbiosestudien gekommen ist, rechtfertigen, und daß die dagegen gemachten Einwände hinfällig sind.

Die erbliche Endosymbiose ist daher kein „natürlicher Endpunkt der Entwicklung, auf den jeder Parasitismus, vor allem der Mikroben, hinzielt" (MARTINI), keine unzweckmäßige Übersteigerung des Prinzips, die Parasiten durch Gewährung von Freistatt und Nahrung und gesicherter Übertragung an die Nachkommen zu harmlosen Kommensalen zu machen, die sich für die gebotenen Vorteile eine Regulierung ihrer Vermehrungs- und Entwicklungsrate gefallen lassen; sondern die Endosymbiose hat im typischen Falle ihre ernährungsphysiologische Bedeutung, sie steht vielfach in einer bestimmten und besonderen Beziehung zur Ernährungsspezialisierung. Bei der Herausbildung der erblichen Endosymbiose muß also der Nutzeffekt eine Rolle gespielt haben. Alle Anzeichen der „unfertigen" und „unvollkommenen" Symbiosen, dann die Fälle zusätzlicher Aufnahme von „Begleitbakterien" usw. lehren, daß sich die Endosymbiose allerdings aus ungezügelten parasitischen und kommensalischen Verhältnissen entwickelt hat. Aber im Endeffekt reguliert der Wirt das symbiontische Bündnis; er kontrolliert die Vermehrungsrate und kann den Symbionten unter Umständen degenerieren lassen, wie z. B. in der Magenscheibe der Kleiderlausmännchen und in den Darmblindsäcken von Donacia. Bei anderen Insekten werden die Symbionten ins Darmlumen ausgestoßen, z. B. bei den Männchen einiger Bockkäfer und Rüsselkäfer, wenn ihre Gegenwart nicht mehr nötig ist. Ein zügelloses Überwuchern eines echten Symbionten ist dagegen sehr selten festgestellt worden. (BUCHNER beobachtete mehrfach ein pathologisches Wuchern der Mycetome und ihrer Insassen bei offenbar kranken Aleurodes proletella, und W. SCHWARTZ fand bei älteren Tieren von Lecanium corni eine abnorm starke Symbiontenvermehrung, verbunden mit einem eigentümlichen Auswachsen zu langen Schläuchen. Neuerdings glaubt PAILLOT bei einigen Aphiden einen unregelmäßigen Befall verschiedener Organsysteme feststellen zu können, doch scheinen seine Befunde einer Nachprüfung bedürftig.)

Es fragt sich nach den Ergebnissen der vergleichend morphologischen und der experimentellen Symbioselehre allerdings noch, ob es zweckmäßig ist, nur die Fälle als „echte erbliche Endosymbiose" zu bezeichnen, bei denen ein Nutzeffekt für den Wirt sicher erwiesen werden konnte. Der Beweis dafür ist — wie die experimentellen Untersuchungen gezeigt haben — oft ebenso schwer zu führen wie der Gegenbeweis. Außerdem ließe sich daran denken, daß eine ehemals „zweckmäßige" Symbiose bei einer Ernährungsumstellung der Wirte zunächst auch ohne vorliegendes Bedürfnis noch weiter beibehalten oder erst ganz allmählich abgebaut wird (vielleicht sind die symbiontenfreien Stämme bei den typischen Speicherschädlingen Oryzaephilus und Calandra und die symbiontenlosen Formica fusca-Rassen [s. S. 746] so zu erklären). Aus diesen Erwägungen heraus erscheint es gerechtfertigt, auch weiterhin alle die Fälle als *erbliche Endosymbiose* zu bezeichnen, in denen — unabhängig von einer Analyse des Nutzeffektes — *besondere Organdifferenzierung, regelmäßiges Vorkommen und geregelte Übertragung an die Nachkommen* festgestellt werden kann. Nach experimenteller Analyse des Nutzeffektes kann von *mutualistischer* Endosymbiose gesprochen werden, wenn beide Partner durch die Vergesellschaftung Vorteile haben, von *helotistischer* Symbiose, wenn der Wirt den Symbionten durchaus beherrscht und ihn z. B. degenerieren läßt, sobald er für ihn keine Bedeutung mehr besitzt, wie z. B. bei den erwachsenen Männchen der Kleiderlaus, und von *parasitischer* oder *kommensalischer* Symbiose, wenn der Symbiont ohne Gegenleistung im Wirt schmarotzt bzw. seine ernährungsphysiologische Bedeutung für den Wirt verloren hat und trotzdem beibehalten wird.

Die vier Elemente in den „Quaestiones naturales" des Adelhard von Bath.

Die „Quaestiones naturales" (Naturwissenschaftliche Fragen), durch deren kürzliche Neuausgabe[1] MARTIN MÜLLER sich ein großes Verdienst erwarb, sind das wichtigste und an Nachwirkungen reichste Werk des ADELHARD VON BATH[2]. Wir wissen von diesem Autor nur[1], daß er als Sprößling eines vornehmen, vielleicht angelsächsischen Geschlechtes um etwa 1070 in einem der Orte namens Bath geboren wurde, als Kleriker (nicht aber als Mönch) an den nordfranzösischen Hauptsitzen des wissenschaftlichen Lebens lernend und lehrend tätig war (u. a. in Tours und Laon?), frühestens 1104, spätestens 1109 eine große

[1] Münster 1934.

[2] Vgl. LYNN THORNDIKE, History of magic and experimental science. 2, 19 und Indices in 1 u. 2 (New York 1923).

[1] MÜLLER, 72ff.; diese grundlegende Zusammenfassung ist durchaus zu vergleichen!

siebenjährige Reise antrat, die ihn nach Salerno, Syrakus und in den unter christlicher Herrschaft stehenden Teil des heiligen Landes führte; sodann, daß er, nach England heimgekehrt, verschiedene Übersetzungen aus dem Arabischen und mehrere Schriften herausgab, die letzte in den Jahren 1141/46, so daß er vermutlich bald nach 1146 starb. Erheblich früher, etwa 1111/16, verfaßte er, auf Grund persönlicher Erfahrungen und Gespräche mit Gelehrten während seiner Reise, die „Quaestiones", und zwar in Form eines Dialoges mit seinem lernbegierigen Neffen. Ihr Titel ist wohl jenem der gleichartigen Sammlung des SENECA (z. Z. NEROS) entlehnt; ihr Inhalt überrascht durch das damals ganz neue Vorwiegen naturwissenschaftlichen Interesses, das bei ihm, anscheinend als erstem Nordländer, zu Salerno die erst kurz vorher entstandenen Übersetzungen des CONSTANTINUS AFRICANUS aus dem Arabischen erweckten, ferner durch die Art der Fragestellung und -beantwortung, und endlich durch die Selbständigkeit der Denkweise und das Verwerfen des daheim und im Orient übermäßigen Autoritätsglaubens. Da in der Natur ewiger Wandel waltet, selbst zwischen Leben und Tod, und da sie von Gesetzen beherrscht wird, nicht von Magie, so soll man ihren Geheimnissen nachforschen anstatt Fiktionen aufzustellen; man folge in erster Linie dem eigenen Verstande, denn selbst berühmte Philosophen lehrten viele Irrtümer, und bei der großen Menge vollends gibt es nur „Auffassung im Schlaf und Erklärung im Schnarchen"[1]. Doch ist es freilich immer noch viel leichter, Irrtümer zu erkennen, als zur Wahrheit durchzudringen[2].

Wesentlich gefördert werden die richtigen Ansichten durch zutreffenden Einblick in die Rolle der *vier Elemente*. Was ADELHARD über sie berichtet, ist zwar zunächst antiken Ursprunges, aber nur aus zweiter oder dritter Hand geschöpft, hauptsächlich aus den im vierten bis siebenten Jahrhundert verfaßten Schriften des hl. AUGUSTINUS und AMBROSIUS, des MAKROBIOS, BOETHIUS und ISIDORUS HISPALENSIS, aus den ärztlichen Sammelwerken derselben Zeit, z. B. dem des CAELIUS AURELIANUS, sowie aus dem berühmten Kommentare des CHALCIDIUS (viertes Jahrhundert) zu PLATONS Dialog „Timaios", dem allein fast das gesamte Mittelalter entlehnte, was es von diesem Philosophen wußte. ADELHARD vergleicht übrigens zum Teil die Theorie der Elemente mit der physikalischen der Atome, und auch mit der medizinischen der vier Humores oder Temperamente, die er wohl dem CONSTANTINUS AFRICANUS entnahm, der sie „in galenischer Fortbildung" vorträgt, d. h. in Anlehnung an den großen Arzt GALENOS (gest. 200 oder 201 n. Chr.); von den Lehren des ARISTOTELES erwähnt ADELHARD einiges, was damals dem Westen noch nicht geläufig war, er dürfte von diesen Punkten also im Orient oder aus arabischen Quellen Kunde erhalten haben[3].

Die *vier Elemente*, die sich naturgemäß, ihrer Schwere entsprechend, als Erde, Wasser, Luft und Feuer übereinander lagern, kennen wir so gut wie gar nicht in völliger Reinheit, denn sie sind in sämtlichen Stoffen stets alle vier enthalten, wenn auch in höchst veränderlichen Mengen, und bedingen hiernach deren Qualitäten, d. h. ihre mehr oder minder große Wärme, Kälte, Trockenheit und Feuchte, die sich bei den Lebewesen in der Beschaffenheit ihrer Säfte und Temperamente äußert. Sie bestehen aus Atomen, haben gewisse, mit ihren Eigenschaften verbundene Wirksamkeiten und bedingen daher ganz bestimmte Bewegungen, und zwar das Feuer die nach auf-, die Erde die nach abwärts, Luft und Wasser die nach rechts und links, vor- und rückwärts, während die vollkommenste, die im Kreise, allein der Seele (im Weltall der Weltseele) vorbehalten ist[1]. Das *Feuer* tritt in allen Graden auf, bald als verzehrendes äußeres, bald als wohltuendes inneres, als das es sich in der Wärme des Körpers und der Gestirne äußert; ihm nächstverwandt ist der leichteste luftige Dunst, der Äther, der den Nachbarort gleich unter ihm erfüllt, und schon so vieles Feuer enthält, daß er unter Umständen rasch ganz in solches überzugehen vermag[2]. — Die *Luft* ist allverbreitet und besonders geneigt, sich in die anderen Elemente umzuwandeln[3]. Sie ist die Trägerin des Schalles, den die Lippen der Sprechenden sowie die musikalischen Instrumente erregen, und zwar pflanzt sie ihn in der nämlichen Weise fort wie das Wasser die Bewegung seitens eines hineingeworfenen Steines, nämlich durch Wellen[4]; daß der Schall Wände, Gesteine, ja Metalle durchdringt, bezeugt, daß diese, allem Anscheine zuwider, keineswegs völlig dichte Massen sind, sondern durchaus von feinsten Poren erfüllt[5]. Wie die Empfindungen des Schalles, so entstehen auch die des Geruches und Geschmackes durch die Einwirkung kleinster Teilchen auf die körperlichen Organe[6], und gleich dem Schalle scheint sich auch das Licht durch die Luft fortzupflanzen, aber freilich mit weitaus überlegener Schnelligkeit, wie das z. B. die Pause beweist, die zwischen dem Wahrnehmen von Blitz und Donner verfließt[7]; doch bleibt hierüber noch vieles völlig im Ungewissen, u. a. die Annahme der Sehstrahlen, die mit unbegreiflicher Geschwindigkeit sowohl von den Dingen zum Auge, als auch vom Auge zu den Dingen gelangen sollen, demnach u. a. bis zu den Fixsternen (und von ihnen her), wobei doch Entfernungen in Frage kommen, denen gegenüber die Erde nur als ein Punkt im Weltall zu erachten ist[8]. Daß endlich der Luft, entgegen dem Glauben der großen Menge, das Wesen einer Materie zukommt, ist aus den Kräften zu ersehen, die sie durch ihre Bewegungen entwickelt, vom Blähen der Segel an bis zur vernichtenden Wirkung der Orkane und Erdbeben, denn letztere entstehen, wenn innerhalb der Erde angesammelte Luftmassen nach oben zu entweichen und sich mit der übrigen, an ihrem natürlichen Orte befindlichen Luft zu vereinigen streben[9]. — Das *Wasser* ist auf der ganzen bewohnten Erdoberfläche in Gestalt von Quellen, Flüssen und Meeren reichlich vorhanden. Kleine Mengen bilden kugelige Tropfen, größere nehmen die Gestalt der betreffenden Gefäße an; daß ein solches, passend (nach Art einer Wasseruhr) verfertigtes, aus der freien unteren Öffnung kein Wasser abfließen läßt, wenn man die obere mit dem Daumen verschließt, erscheint zunächst höchst wunderbar, erklärt sich jedoch

[1] Ebenda 26, 34, 51; vgl. die noch jetzt übliche französische Redensart von den „phrases ronflantes".

[2] Ebenda 69.

[3] Die für die Naturforscher wichtigen Lehren des PLATON und ARISTOTELES finden sich zusammengestellt in meinen „Abhandlungen und Vorträgen" **2**, 28ff. Leipzig 1913.

[1] MÜLLER 56, 57; 18.

[2] Ebenda 66; 57, 65.

[3] Ebenda 37.

[4] Ebenda 25; so u. a. bei BOETHIUS, der hierin weit älteren Quellen folgt, denn schon HERAKLEIDES VON PONTOS (390—310) spricht von den Schallwellen.

[5] Ebenda 26.

[6] Ebenda 36.

[7] Ebenda 65.

[8] Ebenda 27ff.

[9] Ebenda 57; 50.

daraus, daß der Abschluß den Eintritt von Luft verhindert, ein Vakuum aber, als naturwidrig, nicht entstehen kann[1]. Die oft aufgeworfene Frage, woher der Salzgehalt des Meeres rühre, ist dahin zu beantworten, daß das Wasser durch die Wärme der Sonne und der Planeten in Salz verwandelt wird, wie man das in den am Seestrande so zahlreichen „Salzgärten" jederzeit deutlich sehen kann; aber auch die Süßwässer werden im Sommer salziger, und viele von ihnen ergeben beim künstlichen Einkochen ebenfalls Salz[2]; daß die dem Meere entstammenden Bäche und Flüsse salzfrei sind, rührt daher, daß das Seewasser bei seiner allmählichen Filtration durch viele dichte Erdschichten sein Salz in diesen zurückläßt; doch schmecken immerhin manche Quellen noch nach „Nitrum" (= nach Salzen) und sind auch noch warm, ja heiß, was sie aber unter Umständen auch von selbst werden können[3]. Der *Wärme* des Wassers liegt zweifellos, wie jeder Wärme, *Bewegung* zugrunde, doch ist die *Menge* der Wärme von ihrem *Grade* zu unterscheiden, denn wenn man z. B. sehr heißes Wasser mit weniger heißem vermischt, so summieren sich zwar wie die Volumina auch die eingebrachten Wärmemengen, nicht aber ihre Wirkungen, das Gemenge wird also nicht *noch* heißer[4]. Die aus Seen, Meeren usw. aufsteigenden Dünste gehen in den höheren Schichten der Atmosphäre in Regen über, bei besonderer Kälte auch in mächtige Eisplatten, die schließlich, gleich den Eisdecken der Ströme, unter Krachen zerspringen und bersten, wodurch der die Hagelwetter begleitende Donner entsteht; zugleich stoßen sie mit ungeheuerer Macht ihren leichtesten Bestandteil aus, d. i. das Feuer, das als Blitz erscheint; doch kann dieser auf dem nämlichen Wege auch aus der gewaltsam bewegten Luft hervorgehen, ja es vermögen sich unter Umständen sogar steinartige Blitzgeschosse (Donnerkeile) zu bilden[5]. — Die *Erde* ist das unterste, beharrlichste Element und der Hauptbestandteil der Erdkugel; wäre diese völlig durchbohrt und man würfe in den Schacht einen Stein, so bliebe er in ihrem Mittelpunkte schweben, denn erstens ist diese Gleichgewichtslage seiner Schwere angemessen, und zweitens sucht Gleiches das Gleiche und vermeidet das ihm Ungleiche[6]. Das, was man „Erde" zu nennen pflegt, enthält zwar wesentlich das Element Erde, daneben aber stets auch wechselnde Mengen Wasser, Luft und Feuer, die ihr zu entweichen streben, um sich in die ihnen zukommenden höheren Regionen zu erheben; hierbei treiben und drängen sie die *Lebewesen* an das Tageslicht, zunächst die *Pflanzen*, die noch vorwiegend aus Erde bestehen, aber, je nach ihrer Natur, auch andere für sie passende Elemente an sich ziehen (eine Fähigkeit, die besonders deutlich beim Pfropfen hervortritt). Daher können demselben Boden sehr verschiedene Pflanzen entsprießen, von warmer oder kalter Beschaffenheit usw.; weil aber Erde immerhin ihr eigentliches Element bleibt, müssen sie sämtlich absterben, wenn sie ausgerissen werden[1]. Dieser Tod und Zerfall, wie auch jeder sonstige, ist aber keine *Vernichtung* der Elemente, vielmehr kehrt jedes nur zu seinesgleichen zurück, denn die *Menge* der Materie ist seit der Schöpfung *unveränderlich*, ihre Teilchen gehen stets nur aus *einer Verbindung* in *eine andere* über[2]; so müssen auch die Samen im Ackerboden erst verfaulen und zerfallen, bevor aus ihren Elementen eine neue Pflanze hervorgehen kann[3]. Alles das gilt in ganz gleicher Weise auch vom *animalischen Reiche*, dessen vier Hauptgruppen den vier Elementen und ihren vorwiegenden Qualitäten entsprechen, so daß z. B. die kalten Fische als „geronnenes Wasser" (aqua concreta) anzusehen sind, und unter den Arten der Tiere, je nach ihrer natürlichen Wärme, die einen festes Fett besitzen, die anderen aber halbflüssiges oder öliges. Beim *Menschen* ist Hauptstätte der Wärme und Trockenheit die *Galle*; beim Tode trachten diese leichtesten Elemente zuerst zu entweichen, und daher kommt es z. B., daß Ertrunkene im Wasser untergehen, die Leichen aber alsbald wieder an die Oberfläche hochgetrieben werden[4]. Trockenheit und Feuchte sind jedoch auch wichtige Bestandteile des *Gehirnes*, an dessen verschieden beschaffenen Stellen Verstand, Gedächtnis und Phantasie ihren Sitz haben; durch *örtliche* Veränderungen und Verletzungen kann daher die eine oder andere dieser Gaben mehr oder minder verlorengehen, denn die einzelnen, durch Zwischenräume getrennten *Zellen* (cellae) sind eben Träger besonderer *Funktionen*[5]. Mit Recht darf man endlich vermuten, daß jedem der Elemente auch lebendige Elementarwesen zugeordnet sind, so der Luft die Sturmdämonen und dem Feuer die Führer der „lebenden Planeten", die diese inmitten der obersten Sphäre unentwegt auf ihren richtigen Bahnen erhalten[6].

Wie die vorstehende knappe Übersicht zeigt, sind ADELHARDS „Quaestiones" reich an merkwürdigen, zum Teil sogar an ganz überraschenden Einzelheiten; daher übten sie, wie sich nunmehr klarer ersehen läßt, trotz mancher irrtümlicher Auffassungen, großen Einfluß auf viele Nachfolger des „Philosophus Anglorum" aus, so auf A. NECKAM, D. VON MORLEY, H. VON ST. VICTOR, TH. VON CANTIMPRÉ, VINC. VON BEAUVAIS, R. BACON, ja noch zur Zeit der beginnenden Renaissance auf PICO DELLA MIRANDOLA; schon 1475 (?) erschien auch zu Löwen eine freilich durchwegs äußerst mangelhafte Druckausgabe, und die hervorragende Leistung M. MÜLLERS entspricht daher einem wirklichen Bedürfnisse der Wissenschaftsgeschichte.

EDMUND O. v. LIPPMANN, Halle.

[1] Ebenda 53, 54. Daß Luft ein Stoff ist, bewies schon STRATON, der 287—269 Schulhaupt der platonischen Akademie war, durch besondere Versuche.
[2] Ebenda 50.
[3] Ebenda 54.
[4] Ebenda 38. Diese Unterscheidung ist *sehr bemerkenswert!* Ihre Quelle bleibt noch zu ermitteln.
[5] Ebenda 58, 59, 65.
[6] Ebenda 48, 49. Die oft angeführte Ursache, daß ja sonst der Stein vom Mittelpunkte zur Erdoberfläche „aufsteigen", also „nach oben fallen" müßte, fehlt hier!

[1] Ebenda 6—9.
[2] Ebenda 9.
[3] Ebenda 64, 12, 10.
[4] Ebenda 46, 47.
[5] Ebenda 22, 23; die Quelle ist wohl eine arabische.
[6] Ebenda 10.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Versuche zur Physiologie der Verpuppung von Schmetterlingsraupen.

Die Bedeutung des Kopfes bzw. Vorderendes von Insektenlarven als Bildungsort eines *Verpuppungshormons* ist schon mehrfach gezeigt worden, so von FRAENKEL (1934) durch Schnürungs- und Injektionsversuche an *Calliphora* und von WIGGLESWORTH (1934) durch Köpfungs- und Transfusionsversuche an Wanzen. KOPEC (1922) hat auf Grund von Gehirnexstirpationen an *Lymantria dispar*-Raupen das Gehirn als Drüse mit innerer Sekretion angesprochen, die ein

Verpuppungshormon abgibt. Nach WIGGLESWORTH sind wahrscheinlich die am Gehirn gelegenen Corpora allata die eigentlichen Hormonspender. Alle 3 Autoren konnten eine bestimmte kritische Periode im letzten Larvenstadium feststellen, von der an ein Stoff im Blut vorhanden ist, der die Verpuppung bedingt. Ferner schlossen KOLLER (1929) und v. BUDDENBROCK (1930) aus Blutinjektionen, BODENSTEIN (1933) und BYTINSKI-SALZ (1933) aus Transplantationen auf entwicklungsphysiologisch wirksame Hormone im Blut von Schmetterlingsraupen.

Da sich in unserem Institut die Implantation von Raupengehirn bewährt hatte (KÜHN, CASPARI und PLAGGE, 1935), begannen wir, die Bedeutung des Gehirns für die Verpuppung der Schmetterlingsraupen, die schon KOPEC zu untersuchen angefangen hatte, näher zu verfolgen. Als Versuchstiere dienten uns in erster Linie die Raupen von *Sphinx ligustri* und *Deilephila euphorbiae*.

Die Raupen von *S. ligustri* und *D. euphorbiae* besitzen im letzten Stadium eine kritische Periode (k. P.) in bezug auf die Verpuppung. In der k. P. hören die Raupen auf zu fressen und beginnen, zunächst herumzulaufen und dann in die Vorpuppe überzugehen; bei *S. ligustri* beginnt eine Umfärbung von grün zu braun. Die k. P. liegt bei *S. ligustri* am 11. Tage nach der letzten Häutung, 10—12 Tage vor der Verpuppung, bei *D. euphorbiae* schwankt ihr Zeitpunkt zwischen dem 8. bis 20. Tage vor der Verpuppung. Durchschnürt man bei *D. euphorbiae* in der Zeit bis zur k. P. die Raupe hinter dem Thorax oder in einem Segment des Abdomens, so verpuppt sich nur das Vorderende, soweit es nicht vorher stirbt. Und zwar tritt oft der Tod wahrscheinlich deshalb ein, weil sich der Darm nicht entleeren kann. In beiden Fällen lebt das Hinterende noch lange als Raupe weiter, ohne sich zu verpuppen. Bei Schnürung nach der k. P. verpuppen sich beide Hälften, zum Teil gleichzeitig, zum Teil das Hinterende bis zu einem Tage später als das Vorderende. Enthirnt man noch fressende Raupen (d. h. vor der k. P.), so leben sie noch bis zu 35 Tagen, schrumpfen allmählich zusammen und gehen ein, ohne sich zu verpuppen: Von *S. ligustri* starben so alle (17), von 41 *D. euphorbiae* starben 37, nur 4 kamen zur Verpuppung. Diese Ausnahmen (KOPEC hatte auch einige erhalten) sind zu erklären entweder durch unvollständige Herausnahme des Gehirns oder dadurch, daß der Beginn der k. P. (Aufhören mit Fressen) nicht genau bestimmt worden ist. Enthirnung nach der k. P. verhindert die Verpuppung nicht: Von 24 *S. ligustri* verpuppten sich 17, während von den 7 gestorbenen noch 5 die Vorpuppenfärbung annahmen. Von den 18 *D. euphorbiae* verpuppten sich 17. Implantiert man Tieren, die vor der k. P. enthirnt wurden, ihr eigenes oder ein fremdes Gehirn ins Abdomen, so können sie sich wieder verpuppen: Von 15 *S. ligustri* färbten sich 4 um, und 3 verpuppten sich, von 21 *D. euphorbiae* kamen 10 zur Verpuppung.

Unsere Versuchsergebnisse bestätigen die Bedeutung des Raupengehirns (bzw. evtl. des Corpus allatum) als Spender eines Verpuppungshormons. Die Untersuchungen sollen im nächsten Jahr fortgesetzt werden.

Göttingen, Zoologisches Institut der Universität, den 28. September 1935. ERNST CASPARI. ERNST PLAGGE.

Besprechungen.

HUBER, BRUNO, **Der Wärmehaushalt der Pflanzen.** (Naturwissenschaft und Landwirtschaft, Heft 17.) Freising-München: F. P. Datterer & Cie. 1935. 148 S. und 38 Abbild. 16 cm × 24 cm. Preis brosch. RM 5.60.

Wir wissen zwar sehr viel über den Einfluß der Temperatur auf den Ablauf pflanzenphysiologischer Prozesse, aber unsere Kenntnisse über den Wärmehaushalt der Pflanzen sind bislang recht dürftig geblieben. Den Grund für diesen Mangel sieht HUBER mit Recht in den voreiligen Schlußfolgerungen aus der Erkenntnis, daß die Pflanzen poikilotherm sind und keine nennenswerte eigene Wärmeproduktion zeigen; durch diese Erkenntnis schienen selbst die Betrachtungen über Wärme- und Kälteschutzmittel der Pflanzen hinfällig zu werden. Erst in neuester Zeit hat sich gezeigt, daß die Pflanzentemperaturen doch recht stark von denen der Umgebung abweichen können. Die Fragen des Wärmehaushaltes der Pflanzen sind also, ebenso wie neuerdings auch die des Wärmehaushaltes der poikilothermen Tiere, sehr aktuell. Selbst wenn wir in der Ökologie nicht so sehr, wie anscheinend der Verfasser, eine Synthese sehen im Gegensatz zur Physiologie, die eine Analyse sei, müssen wir HUBERS Zusammenfassung und gründliche Verarbeitung unserer noch recht spärlichen Kenntnisse auf dem Gebiete des Wärmehaushaltes doch sehr begrüßen.

Nach einigen technischen Hinweisen, welche die wirklich „ganz unbegründete Scheu weiter Kreise vor allem Physikalischen" bekämpfen helfen, werden im ersten Teil die temperaturbestimmenden Faktoren besprochen. Da die *Erwärmung durch Atmung* in der Regel nur sehr gering ist und auch dann, wenn sie höher ist, wie z. B. in den Blüten von Arum, nicht etwa den Tierfang begünstigt, sondern nur eine Begleiterscheinung der intensiven Duftproduktion ist, kommt ihr kaum eine biologische Bedeutung zu. Im ersten Hauptteil werden daher vor allem die *Erwärmung durch Strahlung* und die *Transpirationskälte* besprochen. Die unter dem Einfluß der Sonnenstrahlung auftretenden Übertemperaturen, sowie z. B. die Bedeutung des Einfallswinkels, zeigen deutlich, daß hier zahlreiche wärmeökologische Probleme bestehen. Für die Höhe der durch Einstrahlung bedingten Erwärmung ist vor allem die Größe des Wärmeaustausches wichtig, und damit erlangen auch die Einrichtungen der Pflanzen (Form der Organe, Oberflächenbeschaffenheit usw.), die diesen Austausch beeinflussen, erhebliche Bedeutung. Die Rolle der Transpiration ist oft überschätzt worden; in ihr darf nicht das generelle Schutzmittel der Pflanze gegen übermäßige Erwärmung gesehen werden; der Energieverbrauch bei der Transpiration ist, wie HUBER nachweist, kleiner als die Energie der vollen Sonnenstrahlung. Trotzdem darf der kühlende Einfluß der Transpiration nicht übersehen werden. Der Verfasser bringt hierzu mehrere Zahlen und vor allem die Formel für die Temperaturwirkung der Transpiration. Der erste Hauptteil schließt mit der Aufstellung einer Gesamtformel für den Wärmehaushalt der Pflanzen ab; die Formel setzt sich aus den Einzelformeln für die absorbierte Strahlung, den Wärmeaustausch, die Transpirationskälte und die Atmungswärme zusammen.

Im zweiten Hauptteil wird über die tatsächlich beobachteten Pflanzentemperaturen berichtet. Die Sukkulenten stehen hier begreiflicherweise an erster Stelle; auch STAHLS Untersuchungen über die Bedeutung des Säulenwuchses der Cereen und der Profilstellung von Opuntiensprossen, kommen hier wieder zu ihrem Recht. Über Baumstämme kann ebenfalls schon recht viel berichtet werden. An fleischigen Früchten hat ein Schüler des Verf. Übertemperaturen bis zu 16,7° messen können und auch eine Erwärmung der von der Sonne abgewandten Seite um 4,8° infolge der Wärmedurchleitung festgestellt. Auch bei Bodenorganen und selbst bei Wasserpflanzen können, wie die allerdings noch recht spärlichen, bis heute vorliegenden Beobachtungen zeigen, erhebliche Abweichungen von der Temperatur der Umgebung vorkommen.

Der dritte Hauptteil berichtet über die biologische Bedeutung des Wärmehaushalts. Besonders wichtig sind Erwärmungen, die zur Annäherung an die Grenztemperatur des vegetativen Lebens führen; solche Erwärmungen kommen gar nicht selten, wenn auch

vorzugsweise an verweichlichten und unvermittelt der Hitze ausgesetzten Pflanzen vor. Die physiologischen Grundlagen dieser Hitzewirkungen werden besprochen. Im mittleren Temperaturbereich sind Schwankungen um einige Grade viel weniger wichtig, und erlangen erst wieder bei der Annäherung an den Eispunkt große Bedeutung. Vielleicht ist aber (nach der Ansicht des Referenten) auch in einem bestimmten mittleren Temperaturbereich, nämlich etwa zwischen 10 und 15°, eine geringe Temperaturänderung oft von großer Bedeutung, da sich in diesem Bereich erfahrungsgemäß der Temperaturkoeffizient sehr vieler physiologischer Prozesse ziemlich unvermittelt stark ändert. Das müßte jedoch ebenso sorgfältig untersucht werden wie die zahlreichen anderen ökologischen und physiologischen Probleme, auf die HUBER in seiner anregenden Schrift hinweist. Wir dürfen von dem Buch einen großen Einfluß auf die experimentelle Forschung erhoffen.

ERWIN BÜNNING, Königsberg Pr.

LÜDI, W., **Das Große Moos im westschweizerischen Seelande und die Geschichte seiner Entstehung.** Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes RÜBEL in Zürich, 11. Heft. Bern: Hans Huber 1935. 344 S., 47 Abbild., 2 Karten und 3 Profiltafeln. 15 cm × 23 cm. Preis Fr. 19.80.

Es handelt sich bei der vorliegenden, ebenso umfangreichen wie gründlichen und in ihren Ergebnissen weit mehr als nur lokales Interesse bietenden Untersuchung nicht um eine Moormonographie im gewöhnlichen Sinne, denn das im mittleren Teil des Jurarandtales in der Ebene zwischen Bieler-, Neuenburger- und Murtensee gelegene „Große Moos" bietet heute nach der im vorigen Jahrhundert erfolgten Korrektion der Juragewässer und der Ableitung der Aare in den Bielersee das Bild einer intensiv bewirtschafteten Kulturlandschaft, in der sich nur geringe Reste der ursprünglichen Sumpfvegetation in Gräben, Torflöchern u. dgl. erhalten haben. Vor der Entsumpfung stellte es eine fast baumlose Fläche mit einer artenreichen Sumpf- und Wasserflora dar; doch war die Baumlosigkeit nicht eine Folge des sumpfigen Bodens, sondern durch den Menschen verursacht, der durch Weide- und Streuenutzung das Aufkommen von Baumwuchs und Wald verhinderte. Dementsprechend liegt der Hauptnachdruck auf den die Geschichte des Moores betreffenden Problemen, zu deren Klärung ausgedehnte stratigraphische und pollenanalytische Untersuchungen vom Verf. vorgenommen wurden. Aus ihnen geht insbesondere hervor, daß die Torfbildung nicht erst, wie man vielfach angenommen hat, seit der Römerzeit, sondern schon unmittelbar nach der Absenkung des am Ende der letzten Eiszeit nach dem Rückzug des Rhonegletschers entstandenen großen Jurarandsees eingesetzt hat. Durch Auffüllung seitens der einmündenden Bäche und Flüsse, unter denen die Aare den weitaus wirkungsvollsten Faktor darstellt, durch Veränderungen des Aarelaufes und Aufhöhung des Bodens durch Sand- und Mergelmassen in den flußnahen Gebieten, durch säkulare Seespiegelschwankungen, durch Entstehung von der allmählichen Verlandung unterliegenden Seelagunen, durch Dünenbildungen usw., gestaltet sich das Bild im einzelnen sehr verwickelt, doch gelingt es dem Verf., hauptsächlich durch das Mittel der Pollenanalyse, wobei die Trennung der regionalen Komponente des Spektrums von der lokalen, von den auf dem Moor selbst wachsenden Bäumen herrührenden, eine wesentliche Rolle spielt, ferner auch mittels der im Moor gemachten Holzfunde und durch Verknüpfung der Entstehungs- und Waldgeschichte des Moores mit der vorgeschichtlichen (neolithische und bronzezeitliche Pfahlbauten, auch sehr Eingehendes über die berühmte Station La Tène) und geschichtlichen (besonders Reste aus der Römerzeit) Chronologie und unter vergleichender Heranziehung der Waldgeschichte des übrigen schweizerischen Mittellandes zu einer klaren und bestimmten Einordnung der verschiedenen Phasen in die waldgeschichtlichen Perioden zu gelangen und im Schlußkapitel eine eindrucksvolle Zusammenfassung von der Entwicklung des Landschaftsbildes zu entwerfen. Auf die Einzelheiten kann hier selbstverständlich nicht näher eingegangen werden; hervorgehoben sei deshalb nur noch, daß auch die Frage nach der klimatischen Bedingtheit der postglazialen Seespiegel- und Grundwasserschwankungen eingehend erörtert und, auf Grund insbesondere der Übereinstimmung der im Großen Moos gemachten Feststellungen mit den einschlägigen Verhältnissen im übrigen Gebiet zwischen Alpen und Jura, im bejahenden Sinne beantwortet wird. Es bedeutet das einen wesentlichen Beitrag zu der vielumstrittenen Frage der nacheiszeitlichen Klimaschwankungen und einen entschiedenen Fortschritt gegenüber der neuerdings oft vertretenen Auffassung, daß man aus der Waldgeschichte Mitteleuropas außer einer fortschreitenden Milderung der Temperatur und dem Übergange von Kontinental- zum Seeklima keinerlei weitere Schlüsse auf Klimaänderungen ziehen könne.

W. WANGERIN, Danzig-Langfuhr.

RÜBEL, E., **Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich für das Jahr 1934.** Zürich 1935. 99 S. 15 cm × 23 cm.

Neben den Mitteilungen über die Institutstätigkeit (S. 1—14) enthält der Jahresbericht dieses in seiner Art einzig dastehenden Institutes auch wieder eine Anzahl wissenschaftlicher Arbeiten, nämlich:

1. W. LÜDI, Zur Frage des Waldklimaxes in der Nordschweiz (S. 15—49). Die Arbeit ist ein wichtiger Beitrag zur Widerlegung der auf TÜXEN zurückgehenden, von BRAUN-BLANQUET für die Nordschweiz vertretenen Auffassung, daß nicht der Buchenwald, sondern der Eichenwald das klimatisch bedingte Endglied der Vegetationsentwicklung sei. Durch Untersuchung von Wäldern auf möglichst alten und aus einem ungünstigen Rohbodenmaterial hervorgegangenen Böden zeigt Verf., daß für den Hauptteil des schweizerischen Mittellandes nur der Rotbuchenwald als Klimax in Frage kommt, und zwar in einer Ausbildung, in der, entsprechend der Entkalkung und Versäuerung der Böden — es handelt sich bei diesen um leicht podsolige Braunerden, echte Podsolierung wurde nicht gefunden —, die basiphilen Arten im Unterwuchs fehlen, die neutrophilen vorherrschen und leicht azidiphile sich beimischen; höchstens längs des Rheines könnte möglicherweise der wärmebedürftigere Eichen-Hainbuchenwald an seine Stelle treten. In den rheinferneren Gegenden dagegen hat sich der Eichen-Hainbuchenwald im wesentlichen nur durch die Bewirtschaftung der Wälder als Nieder- bzw. Mittelwald erhalten; im Hochwald bleibt die Hainbuche ganz und die Eiche größtenteils gegenüber der Rotbuche zurück. Zugleich lehrt die Untersuchung eindringlich, wie vorsichtig man bei Schlüssen aus dem Vorkommen von sog. Charakterarten einer bestimmten Assoziation auf die ehemalige Verbreitung der letzteren selbst sein muß.

2. W. LÜDI und G. LUZZATTO, Vergleichende Untersuchung zweier Methoden zur physikalischen Bodenanalyse (S. 51—62). Verglichen werden die Methoden von BURGER, die den Hauptteil der Untersuchung in das Laboratorium verlegt, und diejenige von SIEGRIST, die dank einer leichteren Ausrüstung eine rasche Feld-

arbeit ermöglicht. Während sonst die mit beiden an den gleichen Böden erzielten Ergebnisse nicht allzu sehr voneinander abweichen, ergaben sich bei der Luftkapazität, also gerade der ökologisch wichtigsten Größe, beträchtliche Unterschiede, indem diese bei der Methode S. wesentlich kleiner gefunden wurde; wahrscheinlich sind bei der letzteren die Fehlerquellen größer.

3. G. Luzzatto, Erste Untersuchungen über die Verbreitung und die Vitalität einiger Alpenpflanzenarten in ihrer Beziehung zur Bodenazidität (S. 63—67).

4. F. Ochsner, Ökologische Untersuchungen an Epiphytenstandorten (S. 69—80, Fig. 3). Durch Messungen mit Thermometer, Evaporimeter und Hygrometer wird die Bedeutung hauptsächlich der Verdunstungsgröße an den Standorten epiphytischer Flechten und Moose eingehend erläutert.

5. V. Vareschi, Pollenanalysen aus Gletschereis (S. 81—99, Fig. 2). Verf. stellte zur Klärung gewisser grundsätzlicher Fragen der Pollenanalyse Untersuchungen im Zungengebiet des Großen Aletschgletschers an. Ein Vergleich des Pollenspektrums, das aus den im Eis eingeschlossenen Pollenkörnern ermittelt wurde, mit dem umgebenden Wald führt ihn zu der Feststellung, daß das „Eisspektrum" dessen Zusammensetzung nur in groben Zügen widerspiegelt und nur zum Teil durch gleichmäßige Einstreuung von allen Seiten und aus verschiedenen Entfernungen entstanden sein könne und daß zwar die Nahbezirke nur wenig störend wirken, daß dagegen ein bestimmter, im Mittel etwa 20 km entfernter, in geringer Meereshöhe liegender Bezirk durch seine Pollenstreuung das Gesamtbild einseitig verzerrt. Die Erklärung für diese Wirkung wird in den Windverhältnissen gesucht.

W. Wangerin, Danzig-Langfuhr.

CRANE, M. B. and W. I. C. LAWRENCE, **The genetics of garden plants.** London: Macmillan and Co., Ltd. 1934. XIII, 236 S. u. 53 Abbild. 15 cm × 22 cm. Preis geb. 10/6 sh net.

Das Buch, das sich an Studierende der Genetik, Pflanzenzüchter und Genetiker wendet, erhält seine charakteristische Note durch die ausgeprägte Betonung derjenigen Teilgebiete der angewandten Genetik, auf denen die Verf. besonders tätig sind. In den allgemeineren Kapiteln nimmt daher die Darstellung der Polyploidie mit ihren Konsequenzen, in den speziellen die von Fragen der Obstzüchtung einen breiten Raum ein. Demgegenüber tritt die Behandlung der allgemeinen genetischen Grundlagen völlig zurück. Fortpflanzung, cytologische Grundlagen, Mendelsche Spaltungsverhältnisse mit ihren Komplikationen durch Komplementärwirkung der Gene, Letalfaktoren, ja sogar die plasmatische Vererbung, werden auf knapp 14 Seiten besprochen. In zwei weiteren Abschnitten folgt die Darstellung der Cytologie von diploiden und polyploiden Pflanzen. Darauf wird die Besprechung allgemeiner Fragen durch einige spezielle Kapitel über die Genetik und Züchtung von Zier-, Gemüse- und Obstpflanzen unterbrochen, um sich dann wieder allgemeineren Themen, wie der Frage der Knospenmutationen, der Selbststerilität, Bastardunfruchtbarkeit und der Entstehung neuer Formen zuzuwenden. Manche, für den Genetiker wie für den Praktiker interessante Einzelheit wird dabei mitgeteilt, doch scheint es dem Ref. zweifelhaft, ob die von den Verff. gewählte Methode zum Ziele führt. Die Darstellung der Grundgesetze der Vererbung in einer so gedrängten Weise, die den Leser nur sehr oberflächlich orientieren kann, dürfte dem nicht genetisch geschulten Züchter nur schwer ein wirkliches Rüstzeug geben. Dafür wird ein Genetiker, der sich für die praktische Auswirkung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse interessiert, um so mehr Anregung aus dem Buche schöpfen.

H. Kappert, Berlin.

Report of the First Scientific Expedition to Manchoukuo under the Leadership of Shigeyasu Tokunaga. June-October 1933. Section V, Division I, Part XII, article 66, 67. Insects of Jehol VIII, Order Hymenoptera II. By Keizo Yasumatsu, May 1935. 47 S. und 7 Tafeln. 19 cm × 26 cm.

Mit welcher erstaunlichen Energie die Japaner das Gebiet von Manchoukuo durchdringen und wissenschaftlich erforschen, beweist das im Erscheinen begriffene Sammelwerk der Ergebnisse der ersten wissenschaftlichen Expedition. Die Expedition hatte fast alle naturwissenschaftlichen Fächer zu berücksichtigen, nämlich: Geologie, Paläontologie, Petrographie und Minerallagerstättenkunde, Geographie, Zoologie und Botanik sowie Anthropologie. Bezeichnenderweise ist die Erforschung der Insektenwelt mit zuerst in Angriff genommen worden. Die Japaner wissen, mit welchen praktischen Vorteilen die genaue Kenntnis gerade dieser Tiergruppe verbunden ist. In zwei Einzelarbeiten werden neue Arten von Sand- und Wegwespen (Sphecoidea), von Wildbienen und Hummeln (Andrenidea, Bombidea) beschrieben. Einzelheiten können hier nicht gebracht werden. Nur sei die vorzügliche, fast verschwenderische bildnerische Ausstattung dieser Arbeiten hervorgehoben. Im ganzen betrachtet, ist das beginnende Sammelwerk ein Beweis für das Tempo, mit dem heute neue Kolonisations- und Siedlungsgebiete erschlossen werden. Unwillkürlich drängt sich die Frage auf, warum wir seinerzeit bei der Besitznahme der Kolonien nicht in gleicher Weise vorgegangen sind [vgl. Naturwiss. **23**, H. 31, S. 549 (1935)].

Albrecht Hase, Berlin-Dahlem.

Report of the first scientific expedition to Manchoukuo under the leadership of Shigeyasu Tokunaga June-October 1933. Section V, Division II, Part III. Birds of Jehol by Prince N. Taka-Tsukasa, Marquis M. Hachisuka, N. Kuroda, Marquis Y. Yamashina & S. Uchida (jap., engl. Auszug). April 1935. 91 S. und 28 Tafeln. 19 cm × 26 cm.

Eine japanische Expedition in die kurz vorher der Mandschurei eingegliederten Provinz Jehol brachte auch 170 Vogelbälge heim, die in dieser Arbeit aufgeführt werden. Obwohl zwischen dem 10. August und 6. Oktober die aus Sibirien südwärts ziehenden Insektenfresser die an sich reichhaltige Vogelwelt des Gebietes vermehren, sind nur 70 Arten und Formen gesammelt worden (Seys zählt 1933 dagegen 284 auf), darunter als Neunachweise *Grus monachus*, *Gallinula chloropus* und *Vanellus vanellus*. Es ist möglich, daß der japanische Text auch biologische oder faunistische Angaben enthält. Der englische beschränkt sich auf die Aufzählung der aus der ganzen Mandschurei bekannten Fundorte und gibt oft die Verbreitung außerhalb der Mandschurei an. Dabei sind aber gerade die aus Jehol in der Literatur niedergelegten Fundorte vielfach übersehen worden (vgl. Weigolds Sammlung und ihre Bearbeitung in: Abh. Ber. Mus. Dresden 15—16, 1922—24). Die Bestimmung ist größtenteils mit Sorgfalt durchgeführt worden, die europäischen Ornithologen aber vermögen nicht recht zu glauben, daß in Jehol noch die Nominatform der Rohrweihe statt des gut kenntlichen mandschurischen *spilonotus* Kaup lebt. Der als neu beschriebene *Passer montanus tokunagai* Kur. u. Yam. sollte noch mit *iubilaeus* Reichw. verglichen werden. Ein volles Lob verdienen die 28 Tafeln, auf denen Kobayashi 39 der behandelten Formen farbig wiedergibt.

W. Meise, Dresden.

Physikalisch-Technische Mitteilungen.

Die Leistungen von Clairaut und d'Alembert für die Theorie des Fernrohrobjektivs und die französischen Wettbewerbsversuche gegen England in den letzten Jahrzehnten des achtzehnten Jahrhunderts[1]. Die sorgfältige Untersuchung läßt den bereits um 1760/65 weit geförderten Stand der theoretischen Vorarbeiten erkennen, wie sie auf die im Titel genannten beiden französischen Forscher zurückgehen. Die Vorrechenformeln für zweiteilige Fernrohrobjektive sind ihnen schon 120 Jahre vor dem Moserschen Aufsatz bekannt gewesen und von ihnen veröffentlicht worden. Jeden Fachmann auf diesem Gebiet wird das in Erstaunen setzen; selbst namhaften Forschern wie L. Seidel und S. Czapski ist auch nicht der Gedanke gekommen, derartig vollständige Vorarbeiten in so früher Zeit zu suchen. Der Verfasser hebt weiter hervor, daß auch dreilinsige verkittete Fernrohrobjektive d'Alembertscher Planung einen ganz hervorragenden Zustand der Strahlenvereinigung erkennen lassen; ferner haben beide frühen Forscher den Bildfeldfehler untersucht und erkannt, daß er freilich bei dem Fernrohrobjektiv nicht zu heben sei. Dabei ist ihnen die Bedeutung des Ausdrucks $\sum \frac{1}{nf'}$ aufgegangen, was wir bisher auf H. Coddington (1829) und J. Petzval (1843) zurückführten.

Wer an der Entwicklungsgeschichte der optischen Geräte Anteil nimmt, kann nun mit Recht fragen, warum bei so ausgezeichneten Vorarbeiten die Fernrohrherstellung in dem Paris des ausgehenden achtzehnten Jahrhunderts nicht höher gestanden habe. Der Verfasser (s. S. 107) weist selber darauf hin, daß eine Größe wie d'Alembert anscheinend gar nicht auf eine möglichst genaue Ausführung gedrungen, ja sogar die Hebung des Öffnungsfehlers nicht als unbedingt wichtig hingestellt habe.

So ist es zu erklären, daß die Pariser für den Verkauf arbeitenden Optiker wenig oder gar nicht an den guten theoretischen Ergebnissen der heimischen Gelehrten festhielten, sondern vorzogen, die erpröbelten Fernrohre englischer Herkunft nachzuahmen, obwohl diese eine weniger gute Strahlenvereinigung zeigten.

Von Wichtigkeit sind die hier auftretenden Namen der ausführenden Optiker: den Liebhaberschleifern .. Antheaulme, dem Abbé .. Bouriot und .. L'Estang stehen die Gewerbsleute .. George, N. J. Lerebours, .. Putois gegenüber, von denen nur der mittlere weiteren Kreisen bekannt war.

Die verschiedenen Fernrohrobjektive sind — mit möglichst zutreffend angenommenen Brech- und Zerstreuungszahlen — alle auf Öffnungs- und Asymmetriefehler durchgerechnet, auf die Grundbrennweite von $f' = 500$ mm gebracht und je mit dem die Abweichungen darstellenden Schaubild versehen worden. Dabei zeigt sich, wie schon oben gesagt, die Überlegenheit bestimmter französischer Formen in einer erstaunlichen Weise.

Man wird wohl mit einem so bedeutenden Sachkenner wie Herrn Th. H. Court annehmen müssen, daß die schon frühzeitig ausgezeichnete Schulung zahlreicher Optikergesellen in London den unternehmungsfrohen Meistern im Pröbeln erfahrene Gehilfen in genügender Zahl zur Verfügung hielt, um aus den vorhandenen Scheiben mittlerer Größe Fernrohrobjektive herzustellen, die den damaligen Ansprüchen genügten. Die begüterten Schichten Englands folgten in ihrer Freude an optischen Geräten verschiedener Art dem Vorgange des Königs Georg III. und brachten dadurch — namentlich nach 1758, wo zuerst farbenfreie Fernrohre käuflich zu haben waren — dem Londoner Optikergewerbe reichen Lohn. Die pröbelnde Herstellung durch geschickte Hände erwies sich tatsächlich einer theoretisch vollkommenen Planung ohne entsprechende Sorgfalt bei der Ausführung weit überlegen.

Erst J. Fraunhofer gab der Schale mit den sorgfältig geplanten Objektiven für alle Zeit das größere Gewicht: zunächst hat er in jahrelanger Arbeit — soweit wir wissen von 1809 bis an 1817 heran — die ersten wirklich genauen Meßverfahren für Brechung und Zerstreuung abgeleitet und gleichzeitig für die Herstellung wirklich gleichartigen Werkstoffes gesorgt. Dann aber hat er durch frühe Einführung von Teilarbeit (vor 1809) mit den entsprechenden Prüfverfahren die einzig wirksamen Bedingungen dafür geschaffen, daß seine wissenschaftlich geplante Objektivanlage mit genügender Genauigkeit auch von Durchschnittsarbeitern verwirklicht werden konnte. Anders ausgedrückt, hat er den in kunstreicher Einzelarbeit hergestellten Waren, wie sie die pröbelnden Handwerksmeister Londons im Ausgang des achtzehnten Jahrhunderts aus mäßigem Werkstoff lieferten, das wissenschaftlich geplante, mit guten Glasscheiben ausgeführte und durchaus gleichmäßige Erzeugnis einer vollendet geleiteten Fabrikarbeit gegenübergestellt.

Man erkennt, daß durch diese Arbeit des Verfassers, wie sie verständlicherweise nur bei der Verfügung über eine Rechenstube gewonnen werden konnte, sowohl ein Einblick in bewunderungswürdig früh auftretende Anwendungen der Wissenschaft geliefert, als auch der Grund aufgedeckt wird, warum sie für lange Zeit erfolglos blieben. Um mit Abbe zu sprechen, kann eben nur der auf den Namen eines technischen Optikers von erstem Range Anspruch machen, der neben der Rechenkunst auch die Prüfvorschriften und die Aufgaben der Glas- (Messung und) Bereitung zu meistern vermag.

M. v. Rohr.

Neue Zähler für Korpuskeln und Strahlquanten. Vor einiger Zeit konnte hier[1] über einen α-, β- und γ-Teilchen zählenden Wasserstrahl berichtet werden. Dieser „hydraulische Zähler" stellt, wie neuerdings gezeigt wurde[2], nur eine Ausführungsform eines neuen Typus von Zählern dar. Es wurde gefunden, daß ganz allgemein Elementarstrahlen und Photoelektronen nicht nur Spitzenentladungen (Spitzenzähler) und Koronaentladungen (Zählrohr), sondern unter geeigneten Bedingungen auch Funkenentladungen auszulösen vermögen. Für diese neuen Zähler wurde daher die Bezeichnung „*Funkenzähler*" vorgeschlagen. Diese Zähler sind durch besondere Einfachheit gekennzeichnet, namentlich aber durch den Umstand, daß die Stromstöße so stark sind, daß sie ohne weiteres (d. h. ohne Benützung von Verstärkern) zur Betätigung von Lautsprechern, ballistischen Galvanometern usw. verwendet werden können. Die Anordnung besteht darin, daß man über einen Hochohmwiderstand an eine Funkenstrecke eine Spannung anlegt, die gerade unterhalb der Funkenspannung liegt. Jedes Strahlteilchen, das in die Funkenbahn gelangt, löst dann einen Funken aus, dessen Intensität durch einen dem Hochohm-

[1] H. Boegehold, Z. Instrumentenkde **55**, 97/111, 17 + 1 + (Märzheft) (1935).

[1] Naturwiss. **22**, 761 (1934).

[2] Helvet. Physica Acta **7**, 641 (1934); **8**, 89—96 u. 265—266 (1935).

widerstand parallel geschalteten Kondensator innerhalb weiter Grenzen variiert werden kann. Auch lichtelektrisch an den Elektroden ausgelöste Elektronen werden in gleicher Weise registriert. Da die Stromstöße in allen Fällen gleich groß und von ähnlichem Verlauf befunden werden, ist wahrscheinlich der Mechanismus des Zählvorganges auch derselbe. Dies ließe sich durch die Annahme erklären, daß es stets Elektronen aus der Kathode sind, welche die Funkenbildung veranlassen. Solche werden durch Ultraviolett direkt ausgelöst, bei Strahlteilchen indirekt durch die positiven Ionen, die auf die Kathode stürzen.

Bedingung für das Funktionieren des Zählers ist, daß mindestens die eine Elektrode eine genügend starke Krümmung aufweist. Im übrigen sind kleine Abstände bzw. nicht zu große Spannungen günstig (z. B. 2000 Volt). Als Elektrodenformen, die unter sich oder mit flachen Elektroden kombiniert werden können, fallen vornehmlich in Betracht: Spitzen, Kügelchen, Schneiden und Drähte. Wie leicht einzusehen, gibt es 14 Kombinationen. Die Zahl der Zählanordnungen ist sogar noch größer, da die gegenseitige Lage der Elektroden ebenfalls Modifikationen erlaubt. Von den wichtigeren Ausführungsformen seien genannt: Spitze—Platte, Draht—Platte, ferner Draht—Draht, wobei die Drähte sowohl parallel gestellt, als gekreuzt sein können. Als Elektrodenmaterial sind die verschiedensten Metalle brauchbar, auch erfordert die Oberfläche keinerlei Präparation. Das Zählvolumen ist bei diesen neuen Zählern sehr klein. Denn nur Teilchen in der Funkenbahn werden registriert, es sei denn, daß diese Teilchen (wie bei den α-Strahlen) die Luft zum Leuchten anregen, das dann photoelektrisch auf die Elektroden einwirkt. Sie werden daher besonders bei Problemen der Strahlenlokalisierung von Wert sein. Beispielsweise werden sich 2 parallel gestellte Drähte als Spalt für ein Ionisationsspektrometer verwenden lassen (Röntgenspektroskopie, Streuversuche).

Der Funkenzähler kann auch zur Messung des elementaren Photoeffektes an Flüssigkeiten dienen. Diesbezügliche Versuche mit dem hydraulischen Zähler sind schon seinerzeit mitgeteilt worden. Um Messungen auch an kleinen Flüssigkeitsmengen ausführen zu können, wurde ein hydrostatischer Funkenzähler hergestellt. In ein Metalltöpfchen wird die zu untersuchende Flüssigkeit gegossen. Dicht darüber befindet sich eine Metallspitze (z. B. das Ende eines zugespitzten Eisendrahtes). Wird nun an die Spitze eine hinreichende positive Spannung angelegt, so zeigen sich die aus der Flüssigkeit photoelektrisch ausgelösten Elektronen durch Funken an. Der hydrostatische Zähler dürfte von besonderer Bedeutung sein für das Studium der Lichtelektrizität und evtl. auch der Radioaktivität von Flüssigkeiten. Zur Messung von Elementarstrahlen dürfte er weniger geeignet sein, da er gegenüber dem gewöhnlichen Funkenzähler naturgemäß weniger stabil ist. Denn eine Flüssigkeitselektrode erleidet leicht Veränderungen infolge von Erschütterungen, von Verdampfung und durch elektrostatische Kräfte. Im übrigen sind die Schaltung und die Registriermöglichkeiten dieselben wie beim gewöhnlichen Zähler. Eine Registrierung, die nicht nur Funkenübergänge anzeigt, sondern auch den Verlauf der damit verbundenen Spannungsstöße wiedergibt, erhält man durch Mitverwendung des hydraulischen Zählers, der in diesem Fall die Rolle einer BRAUNschen Röhre übernimmt. Man hat nur die eine Elektrode eines Funkenzählers mit Erde, die andere mit dem Metallstift eines betriebsbereiten hydraulischen Zählers zu verbinden. Dann macht der Metallstift die Spannungsschwankungen am Funkenzähler mit und wirkt so elektrisch auf den Wasserstrahl ein, dessen ruckartige Bewegungen nun z. B. optisch-photographisch registriert werden können.

Es steht zu erwarten, daß die Funkenzähler nicht nur infolge ihrer Einfachheit, sondern namentlich auch infolge der je nach dem Zwecke angepaßten Ausführungsform (*feste Zähler* mit ihrer vielartigen Elektrodenanordnung, *hydroelektrische Zähler* in der Form des hydrostatischen und des hydraulischen) einen großen Anwendungsbereich finden werden. Wir erwähnen noch, daß die neuen Apparate bereits im Handel (Firma E. Schiltknecht, Zürich) erhältlich sind. H. GREINACHER.

Stromlinien. Die Frage verschiedener Leser nach der Bedeutung des *„Stromlinien"-Begriffes*, der in den letzten Jahren überall in der Verkehrstechnik auftaucht, kann ohne lange Abhandlung an Hand einiger Bilder beantwortet werden: Unter einer Stromlinie versteht man in der Hydrodynamik eine durch die Flüssigkeit gezogene Kurve, die in jedem Punkt die Richtung der dort herrschenden Strömungsgeschwindigkeit hat. Eine solche Stromlinie ist etwas sehr Anschauliches nur im Falle stationärer, d. i. zeitlich unveränderlicher Strömung; dann ist sie identisch mit der Bahn eines Flüssigkeitsteilchens. Bewegt sich nun ein Körper in einer Flüssigkeit (oder in einem Gas, was für diese Probleme dasselbe ist), oder wird ein Flüssigkeitsstrom gegen einen festen Körper gerichtet, so gibt es eine stationäre Strömung nur an der Vorderseite des Körpers; solange der von der strömenden Flüssigkeit erfüllte Querschnitt stromabwärts konstant bleibt oder kleiner wird, wird keine Unruhe in die Strömung gebracht; die Stromlinien bleiben in konstanter oder stromabwärts kleiner werdender Entfernung voneinander. Erst im hinteren Teil des Körpers, wenn der Querschnitt der Strömung sich stromabwärts vergrößert, *widerstehen die Stromlinien dem Zwange, auseinanderzugehen*; die an der Vorderseite geteilte Strömung schließt sich hinter dem Körper nicht wieder zusammen; es entsteht ein Raum unregelmäßig bewegter Flüssigkeit, in dem die Strömung nicht zeitlich unveränderlich, sondern unruhig und ungeordnet vor sich geht. Die Stromlinien sind zeitlich veränderlich; der „Volksmund" sagt: es sind keine Stromlinien mehr da. Die 3 Zeichnungen in Fig. 1

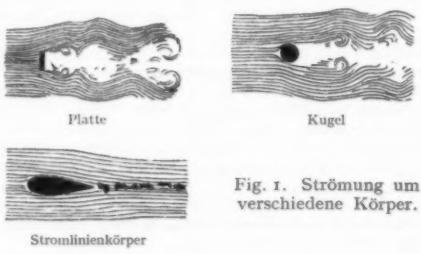

Fig. 1. Strömung um verschiedene Körper.

machen dies deutlich; in allen 3 Fällen ist die Anströmung ruhig und durch die Stromlinien gut dargestellt; in allen 3 Fällen gibt es einen Raum hinter dem Körper, in welchem die Stromlinien nicht mehr zeichnerisch faßbar sind, da keine stationäre Strömung mehr herrscht. Aber — und dies ist nun das Wesentliche — dieser aus der Stromlinienströmung ausgeschlossene Raum ist verschieden groß; er wird um so kleiner, je weniger plötzlich die Vergrößerung des Flüssigkeitsquerschnitts stromabwärts vor sich geht, und läßt sich

zu einem ganz schmalen Band zusammendrücken, wenn diese Vergrößerung nur allmählich erfolgt, wenn also die Abströmseite des Körpers eine langsame Querschnittabnahme zeigt. Einen solchen Körper nennen wir einen *„Stromlinienkörper"*. Die praktische Wichtigkeit dieser

Fig. 2. Albatros.

Körper beruht darauf, daß der *Widerstand*, welcher der Bewegung von Körpern entgegenwirkt, im wesentlichen von der nicht stationären Strömung an der Rückseite herrührt, und daher bei Stromlinienkörpern sehr viel geringer ist; setzen wir den Widerstand der Platte = 1, so ist der Widerstand der Kugel = 0,4 und der Widerstand des Stromlinienkörpers 0,04—0,05.

Diese ungeheure Überlegenheit des Stromlinienkörpers können wir schon im *Tierreich* beobachten an Vögeln (Fig. 2), Fischen und Meersäugetieren (Fig. 3); die Flugtechnik wäre nicht möglich ohne solche Körper

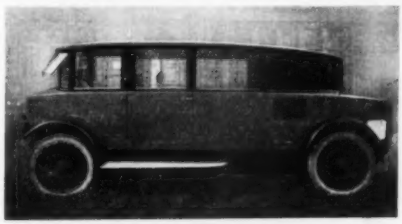

Fig. 5. Rumpler-Auto.

(Fig. 4). Dasselbe Prinzip beherrscht Organe von zylindrischer (Flügel, Stieben) und von rotationsförmiger Gestalt (Rumpf). Besonders wichtig bei den Naturformen und den technischen Gebilden ist die tunlichste Glätte. Jede kleine Erhebung, jede Störung auf der Oberfläche kann die Strömung stören; lokale rasche Querschnittsänderungen, wie sie durch noch so kleine Anbauten hervorgerufen werden, können zu unverhältnismäßig großen Widerstandserhöhungen führen. Im Flugzeugbau hat sich gerade diese Erkenntnis nur langsam durchgesetzt, und es ist noch nicht so lange her, daß man durch einen entsprechenden Einbau des Motors

Fig. 3. Tümmler.

(wie in Fig. 4) noch einen wesentlichen Fortschritt erzielen konnte.

Von der Flugtechnik aus drang die Lehre von den Stromlinienkörpern in viele andere Gebiete der Technik vor. Am meisten wird von den Stromlinien im *Autobau* gesprochen—obwohl dort tatsächlich nur Kleinigkeiten sich wirklich durchgesetzt haben. Die Idee, den Kraft-

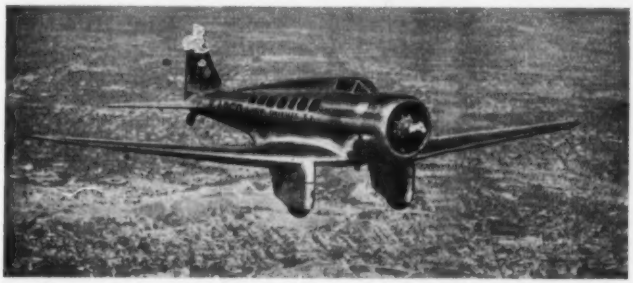

Fig. 4. Flugzeug.

wagen nach flugtechnischen Prinzipien umzubauen, ist zuerst von dem deutschen Flugzeugingenieur E. Rumpler gründlich verfolgt worden. Die von ihm gebaute Limousine (Fig. 5) zeigt die wesentlichen Züge; langsames Zugehen der Karosserie und des Daches zu einer Spitze. Ehe die neuen hydrodynamischen Erkenntnisse existierten, baute man Wagen mit vorne zugespitzten Einzelheiten; denn man hatte doch das „Gefühl", daß

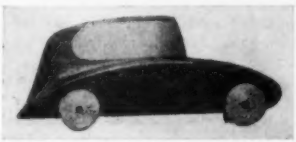

Fig. 6. Entwurf eines Stromlinienautas (Jaray).

das leichtere Einbohren in die Luft zur Verminderung des Widerstandes führen müßte. Heute haben wir alle durch die Flugtechnik das umgekehrte Gefühl bekommen; „vorne rund, hinten spitz" erscheint uns unmittelbar zweckmäßig — ein Beitrag zum Begriff des

technischen Gefühls! Trotzdem mag der Leser sich fragen, ob er gleich gewußt hat, wo in Fig. 5 vorne und wo hinten ist. Die Rumpler-Autos wurden im Göttinger Luftstrom gemessen; es zeigte sich, daß fast 60% des Luftwiderstandes erspart werden könnte; dabei ist noch auf einzelne Finessen, wie Verkleidung der Räder, verzichtet. Man kann bei richtiger Formgebung sicher $^2/_3$ des gewöhnlichen Luftwiderstandes sparen; dabei sieht doch das Rumpler-Auto durchaus wie ein Automobil aus und schreckt nicht durch seinen

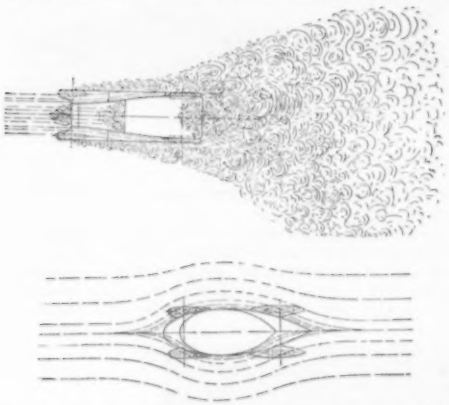

Fig. 7. Staubentwicklung beim normalen und beim Stromlinienauto.

ungewohnten Anblick ab, wie es das noch radikaler erdachte, aber nur als Modell erbaute Fahrzeug von JARAY (Fig. 6) tut. Bei diesem ist der Luftwiderstand tatsächlich auf $^1/_3$ herabgedrückt. Die Amerikaner haben mit ihren kleinen Verbesserungen der gewohnten Autoform nur etwa 20% Herabsetzung des Luftwiderstandes erreicht (Messung nach R. H. HEALD, Bureau of standards).

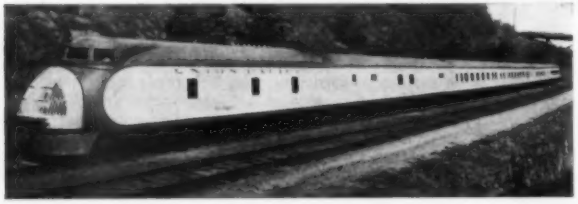

Fig. 8. Zug der Union Pacific Railroad.

Natürlich kommt diese Widerstandsersparnis nicht voll zur Geltung bei der *Energiebilanz* des Kraftwagens; denn die aufgewandte Energie dient nur zum Teil der Überwindung des Luftwiderstandes, zum anderen Teil der Überwindung der Bodenreibung; der erstgenannte Teil spielt nur bei großer Geschwindigkeit eine wesentliche Rolle, so daß die Stromlinienform vom Energiegesichtspunkt aus nur für sehr rasche Fahrzeuge von großer Bedeutung ist. Aber da ist noch ein anderer, sehr wichtiger Gesichtspunkt: die *Staubfreiheit*. Die Stromlinie macht keinen Staub, das tut nur die nicht stationäre Strömung im Abströmraum; wird diese verkleinert, so wird auch weniger Staub aufgewirbelt und fortgeschleudert; das Reklamebildchen (Fig. 7) zeigt das in grundsätzlich richtiger, wenn auch wohl übertriebener Weise.

Schließlich kann das amerikanische Gegenstück (Fig. 8) zum deutschen *Schienenzeppelin* die Übertragung des Stromlinienprinzips auf die Eisenbahn erläutern. Hier sind alle Zwischenräume zwischen den Wagen unterdrückt, alle kantigen Anbauten vermieden. Das Hinterende ist hier allerdings nicht weiter beachtet; durch Formgebung könnte dort noch Luftwiderstand gespart werden; doch ist diese Ersparnis wegen der Länge des Zuges gering in der Gesamtbilanz.

Und was sagt die *Theorie*? *Warum* folgt die Flüssigkeitsströmung stationär einer Verengung ihres Querschnittes und widersteht einer Erweiterung? Wenn der Querschnitt sich ändert und doch durch jeden Querschnitt die gleiche Flüssigkeitsmenge fließen muß, so muß die Strömungsgeschwindigkeit sich ändern. Die Teilchen in einem stromabwärts enger werdenden Strom werden beschleunigt; im entgegengesetzten Falle werden sie verzögert. Aber wo die Geschwindigkeit einer Strömung wächst, fällt der Druck; wo die Geschwindigkeit kleiner wird, steigt der Druck, wie schon BERNOULLI im siebzehnten Jahrhundert erkannte. Der Druck wird kleiner, wenn die kinetische Energie größer wird, und der Druck kann nur steigen auf Kosten der kinetischen Energie. Daß der letztere Fall nur unter besonderen Umständen möglich ist, daß eine Strömung gegen steigenden Druck auf Kosten kinetischer Energie nie vollkommen und nur bei sehr allmählicher Querschnittserweiterung („Stromlinienform") näherungsweise eintritt, ist erst eine Erkenntnis des zwanzigsten Jahrhunderts. PRANDTL konnte zeigen, daß die kleine innere Reibung der Flüssigkeiten daran die Schuld trägt; am festen Körper muß die Flüssigkeit haften, sie hat dort die Geschwindigkeit Null; in einer sehr kleinen *„Grenzschicht"* ist die Flüssigkeit zurückgehalten; in einem Außenraum, der fast an den Körper heranreicht, ist die Reibung belanglos. Soll nun die strömende Flüssigkeit einen weiteren Querschnitt erfüllen, so muß sie kinetische Energie hergeben, um den höheren Druck zu erzeugen; dies kann überall geschehen, aber nicht in der *Grenzschicht*, wo die kinetische Energie durch die innere Reibung aufgezehrt oder mindestens stark verringert ist. Also kann die Grenzschicht der Kontur des festen Körpers nicht folgen; die Stromlinien bilden sich nur in einiger Entfernung vom Körper richtig aus — wie man in Fig. 1 sieht —, im Kielwasser des Körpers entsteht eine unregelmäßige, wirbeldurchsetzte und teilweise nach rückwärts gerichtete Strömung.

Die Reibung hat zweierlei Wirkungen auf den Widerstand: 1. eine direkte, scherende Wirkung — *„Oberflächenreibung"* —, wie etwa die Reibung zwischen festen Körpern, die unvermeidlich ist, und der ausschlaggebende Widerstandsteil bei Luftschiffen und Eisenbahnzügen wie Fig. 8; 2. eine indirekte Wirkung durch Abbremsen der Grenzschicht und Erzeugung eines unregelmäßig strömenden Kielwassers — *„Formwiderstand"* —, der bei gewöhnlichen Fahrzeugen den ersten Teil weit überwiegt, bei Formgebung nach dem Stromlinienprinzip aber beliebig herabgedrückt werden kann.

L. H.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor HANS MATTHÉE, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.